

# Handboek Funderingsherstel

Op palen en “op staal”



SBR



[www.debeukeboom.nl](http://www.debeukeboom.nl)



**CUR**  
BOUW & INFRA

## **CUR Bouw en Infra**

### **Werkwijze**

CUR Bouw en Infra brengt vraag en aanbod op het gebied van innovatieve kennis bij elkaar. Dat gebeurt in veilige, onafhankelijke omgeving waar gezamenlijke belangen centraal staan. Door partijen te verbinden die dezelfde belangen hebben en vraagstukken expliciet te maken, leveren wij een toegevoegde waarde.

### **Boodschap**

CUR Bouw & Infra heeft een open oog voor de wensen van haar stakeholders, zoals meer rendement en meer efficiency. Voortdurende verbetering van producten, materialen en processen is daarvoor onontbeerlijk. Verder zorgt de relatie met nationale en Europese overheidsinstellingen ervoor dat nieuwe methoden en materialen ook toegepast mogen worden.

### **SBR: Kennisplatform voor de bouw**

SBR beschikt over een groot netwerk in de bouw en vastgoedwereld. We hebben ervaring met het bij elkaar brengen van zeer uiteenlopende partijen. De aard van de vraagstukken waarbij de hulp van SBR wordt ingezet is heel verschillend: ze gaan over verbeteringen in het bouwproces, maar bijvoorbeeld ook over brandveiligheid of zeer specifieke bouwtechnische kwesties.

### **Aanleidingen om SBR in te schakelen**

- Kennis: een organisatie kan aanvullende kennis of ervaring gebruiken voor het oplossen van een vraagstuk.
- Neutrale bril: een onderneming zoekt een onafhankelijke partner, die voor andere partijen geen 'bedreiging' vormt.
- Capaciteit: een organisatie beschikt over te weinig medewerkers om een vraagstuk op te lossen.
- Netwerk: het ontbreekt aan contacten en ingangen om een kennisprobleem op te lossen.

Uitgaande van de wensen en behoeften van klanten biedt SBR ook ondersteuning bij kennisoverdracht via publicaties, evenementen en cursussen. Daarnaast investeert het kennisplatform in nieuwe middelen, zoals multimediale en online producten en diensten.

SBR, prettig kennis te maken.

## **© CURNET/SBR**

Alle rechten voorbehouden. Niets van deze uitgave mag worden veeleenvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, getransformeerd tot software of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opname of enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

Voorzover het maken van kopieën uit deze uitgave is toegestaan op grond van artikel 16b Auteurswet 1912 in verbinding met het Besluit van 23 augustus 1985, Stb. 471 en artikel 17 Auteurswet 1912, dient men de daarvoor wettelijk verschuldigde vergoedingen te voldoen aan de Stichting Reprorrecht (Postbus 882, 1180 AW Amstelveen). Voor het overnemen van gedeelte(n) uit deze uitgave in bloemlezingen, readers en andere compilatiewerken (artikel 16 Auteurswet 1912) dient u zich te richten tot: SBR, Postbus 1819, 3000 BV Rotterdam.

No part of this book may be reproduced in any form by print, photoprint, microfilm, stored in a database or retrieval system, or any other means without written permission from the SBR.

### **Aansprakelijkheid**

CURNET, SBR en degenen die aan dit product hebben meegewerkt, hebben een zo groot mogelijke zorgvuldigheid betracht bij het samenstellen van deze publicatie. Toch kan niet worden uitgesloten dat de inhoud onjuistheden bevat. De gebruiker van dit product aanvaardt daarvoor het risico. CURNET, SBR sluiten, mede ten behoeve van de auteurs, iedere aansprakelijkheid uit voor schade die mocht voortvloeien uit het gebruik van informatie uit dit product.

Rotterdam, mei 2012

Artikelnummer SBR: 628.12  
Publicatienummer CURNET: 242

## **Colofon**

### **CURNET projectmanager**

A. Jonker

### **SBR projectmanager**

R. Geerligs

### **Vormgeving**

SBR, Rotterdam

### **Druk**

DeckersSnoeck, Zwijndrecht (B)

### **Fotoverantwoording**

De foto op de cover is geleverd door  
ing. J.W.A.A. Oome (Techniek en Methode BV).

De overige foto's in dit handboek zijn geleverd door:

- Brefu Funderingstechnieken b.v.
- C.J. Smit & Zonen b.v.
- Funderingstechnieken De Coogh B.V.
- Ingenieursbureau Concretio
- Pieters Bouwtechniek Haarlem B.V.
- Pudelko Vijzel & Funderingstechniek
- Revac Specialistische Technieken BV
- Stichting Platform Fundering Nederland
- URETEK Nederland BV
- Van Dijk Maasland BV

# Handboek Funderingsherstel

**Op palen en "op staal"**

CURNET/SBR Rotterdam, mei 2012



# Voorwoord

In de komende decennia zal in Nederland bij minstens 200.000 woningen de fundering moeten worden hersteld [1]. Reden is dat deze woningen op houten palen zijn gefundeerd, waarbij sprake is van matige tot ernstige aantasting als gevolg van droogstand en/of bacteriële aantasting en/of onvoldoende draagvermogen als gevolg van overmatige negatieve kleeft. Daarnaast zullen naar schatting tussen de 200.000 en 300.000 ondiep gefundeerde woningen (fundering op staal) in klei- en veengebieden moeten worden voorzien van een nieuwe fundering. Daarbij gaat het om een paalfundering of een grondverbetering (bodeminjectie). Inmiddels is een richtlijn ontwikkeld door F3O voor onderzoek naar de kwaliteit van houten paalfunderingen, die beschikbaar is als gezamenlijke SBR/CUR/F3O publicatie [2] en een F3O Richtlijn voor onderzoek naar de kwaliteit van funderingen op staal (ondiepe funderingen), die in 2012 ook wordt uitgegeven als gezamenlijke SBR/CUR/F3O publicatie [3].

Op het gebied van het herstel van funderingen is veel kennis en ervaring beschikbaar, maar het ontbrak aan een bundeling van die kennis en ervaring. CURNET heeft het initiatief genomen om, samen met SBR, een handboek te ontwikkelen om in deze leemte te voorzien. In dat initiatieftraject heeft ook Gemeentewerken Rotterdam een belangrijke rol gespeeld. Dit handboek sluit aan op beide genoemde richtlijnen voor beoordeling van de kwaliteit van houten paalfunderingen en ondiepe funderingen (funderingen op staal). De doelgroep bestaat uit opdrachtgevers en opdrachtnemers. Tot de opdrachtgevers behoren naast professionele instanties, zoals woningbouwverenigingen, projectontwikkelaars en verenigingen van eigenaren, ook individuele huizenbezitters (particulieren). Tot de opdrachtnemers behoren de aannemers, die het funderingsherstel daadwerkelijk uitvoeren, en de advies- en ingenieursbureaus, die het funderingsherstel voorbereiden en begeleiden. Daarnaast is het handboek van belang voor toetsende en vergunningverlenende instanties, waaronder gemeenten en waterschappen.

De ontwikkeling van dit handboek is tot stand gekomen door CUR/SBR commissie C185 "Funderingsherstel". Bij het verschijnen van deze publicatie was de samenstelling van deze commissie als volgt:

- Ing. A.T.P.J. Opstal, voorzitter, Gemeentewerken Rotterdam
- Ir. H.L. Jansen, secretaris/rapporteur, Fugro GeoServices BV
- S. Bakker, DS Bouw
- Ing. J.J. Berkhout, Pieters Bouwtechniek Haarlem B.V.
- O. Bevelander, TB Expertise BV
- Ing. J.W. Boonstoppel, P. & G. Hoogwerff b.v.
- J.Th. Bresser, Bresser BV
- Drs. T.H. Bresser, Bresser BV
- F. de Bruin, B&W Grondinjectie BV
- Ir. B. Bruinsma, CLARC Risicomanagement + Inspecties bv
- Ing. F.G. van Dijk, Van Dijk Maasland BV
- J. Euser, Ingenieursbureau Concretio
- B.L. Fermont, Injection Nederland B.V.
- Ir. H.A. van Gelder, IFCO Funderingscontrole BV
- A.R. Gorter, URETEK Nederland BV
- F.M. de Groot, B&P Bodeminjectie BV
- Mw. K. de Groot, B&P Bodeminjectie BV
- Ir. A. van Grootheest, Woonactief B.V.
- M.J.T.M. Hillen, Revac Specialistische Technieken BV
- Ing. J.F.H.J. Huijbrechts, Brefu Funderingstechnieken b.v.
- Ir. D.A. de Jong, Bouwadviesbureau De Groene Werf
- M.P.W. de Jong, de Waalpaal bv
- S.L.P. Kusse, B&W Grondinjectie BV
- F. van Lier, BVL Bouwadvies BV

- Ing. H. van Maaren, Gemeentewerken Amsterdam, namens COBc
- Ing. W.A.D. de Meijer, Goorbergh Fundamenteel
- Ing. R.A. van Monsjou, Van Monsjou & Partners BV
- Ing. B. Olij, Strackee BV Bouwadviesbureau
- Ing. J.W.A.A. Oome, Techniek en Methode BV
- F.A. Pannekoek, FIDES Expertise BV
- Ing. G.J. Plompen, Ingenieursbureau IOB
- J.C.M. Poppelaars, Brefu Funderingstechnieken b.v.
- K. Prins, P. van 't Wout Vijzel- en Funderingstechnieken bv
- O. Pudelko, Pudelko Vijzel & Funderingstechniek
- Mr. P. de Putter, Sterk Consulting
- C.J. Smit, C.J. Smit & Zonen b.v.
- J.M. Snijders, JosRie Funderingstechnieken B.V.
- Ing. C.J. Spierenburg, Ingenieursbureau Spierenburg BV
- P. Vermeulen, P. Vermeulen Heiwerken
- Ing. C.J. Vroom, Vroom Funderingstechnieken BV
- Dr.ir. V.J. de Waal, Walinco Funderingstechniek
- Ing. A. van Wensen, Stichting Platform Fundering Nederland
- Ing. L. Westland, Delta Lloyd Schadeverzekering NV
- P. Westland, URETEK Nederland BV
- Ir. P.P.A. Wolfs, Soil-ID BV
- P. van 't Wout jr., P. van 't Wout Funderingstechnieken bv
- J. IJskes, Funderingstechnieken De Coogh B.V.
- Mw. ir. H. Zwebe, URBANNERDAM
- R. Geerligs, SBR
- Ing. A. Jonker, coördinator, CUR Bouw & Infra

De eindredactie van het handboek was in handen van ir. H.L. Jansen (Fugro GeoServices BV). Belangrijke redactionele bijdragen zijn geleverd door: J. Euser (Ingenieursbureau Concretio), A.R. Gorter (URETEK Nederland BV), ir. D.A. de Jong (Bouwadviesbureau De Groene Werf), ing. H. van Maaren (Gemeente Amsterdam, namens COBc), ing. B. Olij (Strackee BV Bouwadviesbureau), ing. J.W.A.A. Oome (Techniek en Methode BV), ing. A.T.P.J. Opstal (Gemeentewerken Rotterdam), F. Pannekoek (FIDES Expertise BV), mr. P. de Putter (Sterk Consulting), ir. H.R. Schipper (TU Delft, faculteit Civiele Techniek en Geowetenschappen), ing. F. Wassenaar (Funderingstechnieken De Coogh B.V.), ing. A. van Wensen (Stichting Platform Fundering Nederland) en ing. L. Westland (Delta Lloyd Schadeverzekering NV). Daarnaast hebben de uitvoerende bouwbedrijven beschrijvingen geleverd van de door hen toegepaste technieken bij funderingsherstel.

Voor de realisatie van dit handboek werden financiële bijdragen ontvangen van:

- Aannemersbedrijf P & G. Hoogwerff B.V.
- B&P Bodeminjectie BV
- B&W Grondinjectie BV
- Bouwadviesbureau De Groene Werf
- Brefu Funderingstechnieken b.v.

- Bresser BV
- BVL Bouwadvies BV
- C.J. Smit & Zonen b.v.
- CLARC Risicomanagement + Inspecties bv
- De Waalpaal bv
- DS Bouw
- FIDES Expertise BV
- Fugro GeoServices BV
- Funderingstechnieken De Coogh B.V.
- Gemeentewerken Rotterdam
- Goorbergh Fundamenteel
- IFCO Funderingscontrole BV
- Ingenieursbureau Concretio
- Ingenieursbureau IOB
- Ingenieursbureau Spierenburg BV
- Injection Nederland B.V.
- JosRie Funderingstechnieken B.V.
- P. van 't Wout Vijzel- en Funderingstechnieken bv
- P. van 't Wout Funderingstechnieken bv
- Pieters Bouwtechniek Haarlem B.V.
- Pudelko Vijzel & Funderingstechniek
- Revac Specialistische Technieken BV
- Soil-ID BV
- Strackee BV Bouwadviesbureau
- TB Expertise BV
- Techniek en Methode BV
- URBANNERDAM
- URETEK Nederland BV
- Van Dijk Maasland BV
- Van Monsjou & Partners BV
- Vermeulen Heiwerken
- Vroom Funderingstechnieken BV
- Walinco Funderingstechniek
- Woonactief B.V

CURNET en SBR spreken hun dank uit aan deze instanties, alsmede aan de leden van de commissie, die met veel inzet en enthousiasme hebben samengewerkt aan de realisatie van dit handboek.

mei 2012

Het bestuur van CURNET

Het bestuur van SBR

# Samenvatting

Dit handboek funderingsherstel sluit direct aan op de richtlijnen voor onderzoek en beoordeling van houten paalfunderingen en van funderingen op staal. In de komende decennia zal in Nederland bij vele panden de fundering moeten worden hersteld. Bij veel houten paalfunderingen is sprake van matige tot ernstige aantasting als gevolg van droogstand en/of bacteriële aantasting en/of onvoldoende draagkracht als gevolg van overmatige negatieve kleeft. Bij ondiep gefundeerde panden (de op staal gefundeerde panden) in veen- en kleigebieden is vaak funderingsversterking nodig vanwege onvoldoende draagkrachtige bodemlagen, uitspoeling en lekkage, grondontspanning door bouwwerkzaamheden en/of verlaging van de grondwaterstand door bemaling of droge zomers. Geschat wordt dat in totaal minstens 400.000 gezinnen geconfronteerd zullen worden met de emotionele en financiële gevolgen van de funderingsproblematiek.

Niet alleen de technische aspecten komen in dit handboek aan de orde maar ook alle andere aspecten van funderingsherstel. Dit betreft de juridische, verzekeringstechnische en financiële aspecten, maar ook de organisatorische aspecten omdat bijna altijd nauw moet worden samengewerkt met verschillende pandeigenaren. In het handboek is een stappenplan opgenomen en staan diverse afvinklijsten voor de verschillende fasen van voorbereiding tot uitvoering van funderingsherstel. Ook wordt ingegaan op de rol die de gespecialiseerde bureaus hierbij kunnen spelen. Ten slotte bevat dit deel van het handboek informatie over de kwaliteitsborging, de benodigde vergunningen en de contracten met de uitvoerende bedrijven.

Ten aanzien van het technisch ontwerp speelt vooral het bestaande metselwerk van de panden een belangrijke rol. Het versterken of geheel vervangen van de fundering gaat vaak gepaard met een wijziging van de krachtsverdeling in het pand. Gecontroleerd moet worden of het metselwerk in staat is die gewijzigde krachtverdeling op te nemen. Dit geldt met name voor de inkassingen in bestaand metselwerk, die dienen om de krachten vanuit het pand op de nieuwe, meestal betonnen funderingsbalken en vloeren over te dragen.

In de tweede helft van het handboek zijn de verschillende herstelmethoden voor funderingen op palen en funderingen op staal beschreven. Voor iedere methode zijn de specifieke eigenschappen en randvoorwaarden en de voor- en nadelen voor de pandeigenaar opgesomd.

# Summary

This foundation repair manual relates directly to the guidelines for the inspection and evaluation of wooden pile foundations and spread foundations. In the coming decades, the foundations of a significant number of properties in the Netherlands will require repairs. A great many wooden pile foundations have suffered moderate to severe damage as a consequence of drying and/or bacterial damage and/or insufficient load-bearing capacity due to excessively negative friction. In the case of buildings with shallow foundations (buildings with spread foundations) in peat and clay regions, foundation reinforcement is frequently required due to soil strata with insufficient load-bearing capacity, flushing and leakage, soil relaxation caused by building work and/or lowering of the groundwater table due to pumping or dry summers. It is estimated that a total of at least 400,000 families will be faced with the emotional and financial consequences of the foundation issue.

This manual discusses not only technical issues, but also all other aspects of foundation repair. This relates to the legal, insurance and financial aspects, and also the organisational aspects because it is almost always necessary to work closely with various property owners. The manual contains a phased plan and various checklists for the different phases, from preparation to the implementation of foundation repair. There is also examination of the role that can be played by specialised consultants. Finally, this part of the manual contains information on quality assurance, the permits required and contracts with the executing companies.

In relation to the technical design it is the existing brickwork of the properties that plays an important role. The reinforcement or complete replacement of the foundations is frequently accompanied by a change in the distribution of forces in the property. It must be ascertained whether the brickwork is able to absorb this altered distribution of forces. This applies particularly to the chase bonding in existing brickwork, which serves to transfer the forces from the property onto the new, usually concrete foundation beams and floors.

The second half of the manual discusses the different repair methods for foundations on piles and spread foundations. Specific properties and preconditions and the advantages and disadvantages of each method are summarised for the property owner.



# Inhoud

Voorwoord	3
Samenvatting	6
Summary	6
Verklarende woordenlijst	11

## 1 Inleiding 13

1.1	Algemeen	13
1.2	Leeswijzer	13

## 2 Omvang van het funderingsherstel 15

2.1	Inleiding	15
2.2	Bepalen van de funderingshersteleenheid	15
2.2.1	Probleemstelling	15
2.2.2	Oorzaak van het funderingsprobleem	15
2.2.3	Factoren bij het bepalen van de funderingshersteleenheid	16
2.2.4	Criteria voor funderingsschade	17

## 3 Algemene aspecten van het herstelproces 19

3.1	Inleiding	19
3.2	Stappenplan	19
3.3	Aanvullende wensen eigenaren	20
3.4	Risicobeoordeling - vastleggen bestaande situatie - monitoring	21
3.4.1	Risicobeoordeling	21
3.4.2	Vastleggen bestaande situatie	22
3.4.3	Monitoring	23
3.5	Juridische en verzekeringstechnische aspecten	24
3.5.1	Belangrijkste oorzaken funderingsschade en wettelijk kader	24
3.5.2	Funderingsherstel en belendende panden	24
3.5.3	Mogelijkheden verhalen schade	26
3.5.4	Verzekerbaarheid van de risico's bij funderingsherstel	27
3.5.5	Communicatie over mogelijke funderingsschade	28
3.6	Bodemonderzoek - geotechnisch en milieukundig	30
3.6.1	Geotechnisch	30
3.6.2	Milieukundig	30
3.7	Herstelmethoden	31
3.8	Begeleiding en directie	31
3.8.1	Procesbegeleiding	31
3.8.2	Directie	31
3.9	Soorten opdrachtgevers	32
3.10	Vorbereiden eigenaren - organisatie en communicatie	32
3.11	Algemene afspraken met de opdrachtgever - eigenaar	32
3.12	Financieringsplan	33
3.13	Keuze aannemer(s)	34
3.14	Benodigde vergunningen	35
3.15	Uitvoering - contract en voorwaarden	36
3.16	Kwaliteitsborging	37

## 4      **Ontwerp en berekeningen 39**

### 4.1      **Inleiding 39**

### 4.2      **Geotechnische aspecten 39**

4.2.1      Toetsing geotechnische draagkracht 39

4.2.2      Wachtijd en cascoherstel 40

4.2.3      Restdraagkracht bestaande paalfundering 40

### 4.3      **Beton- en staalconstructie 40**

4.3.1      Betonconstructie 40

4.3.2      Staalconstructies 41

### 4.4      **Metselwerk 41**

4.4.1      Toetsing metselwerk 41

4.4.2      Functies van metselwerk 41

4.4.3      Beproeving van metselwerk 41

### 4.5      **Paalbelastingen en krachtsverdeling 41**

4.5.1      Paalbelastingen 41

4.5.2      Boogwerking 42

4.5.3      Muursparingen 42

4.5.4      Functie langshout als trekband bij boogwerking 43

4.5.5      Functie betonnen funderingsbalk 43

4.5.6      Schijfwerking en herverdeling 44

### 4.6      **Veel voorkomende gebreken in defecte paalfunderingen 44**

### 4.7      **Inkassingen en benodigde controles 45**

4.7.1      Metselwerkspanningen rond inkassingen nabij bestaande palen 46

4.7.2      Kashoogte versus vloerdikte 46

4.7.3      Stempel in inkassing 46

4.7.4      Vastzetten nieuwe palen in omringend metselwerk 47

### 4.8      **Stut- en stempelwerk 47**

## 5      **Herstmethode bij fundering op palen 49**

### 5.1      **Inleiding 49**

### 5.2      **Paaltype 49**

5.2.1      Heien van stalen buispalen 49

5.2.2      Schroeven van stalen buispalen 50

5.2.3      Drukken van stalen buispalen 50

5.2.4      Pulsen van stalen buispalen 50

5.2.5      Keuze paaltype 50

### 5.3      **Tafelmethode 51**

5.3.1      Algemene beschrijving en toepassingsgebied 51

5.3.2      Ontwerpberekening 53

5.3.3      Bouwplaatsinrichting 54

5.3.4      Voor- en nadelen voor de eigenaar 54

5.3.5      Toezicht / inspectie 55

### 5.4      **Palen vanuit of onder de bouwmuren wegdrücken 56**

5.4.1      Algemene beschrijving en toepassingsgebied 56

5.4.2      Ontwerpberekening 56

5.4.3      Bouwplaatsinrichting 57

5.4.4      Voor- en nadelen voor de eigenaar 57

5.4.5      Toezicht / inspectie 57

5.4.6      Oplevering 57

### 5.5      **Verlagen van houten paalkoppen 58**

5.5.1      Algemene beschrijving en toepassingsgebied 58

5.5.2      Ontwerpberekening 58

- 5.5.3 Bouwplaatsinrichting 58
- 5.5.4 Voor- en nadelen voor de eigenaar 58
- 5.5.5 Afspraken met de eigenaar 59
- 5.5.6 Toezicht / inspectie 59
- 5.5.7 Oplevering 59
- 5.5.8 Garantie 59
- 5.6 Paalfundering met randbalken en/of consoles 59**
- 5.6.1 Algemene beschrijving en toepassingsgebied 59
- 5.6.2 Ontwerpberekening 60
- 5.6.3 Voor- en nadelen voor de eigenaar 60
- 5.6.4 Oplevering 60
- 5.7 Paalfundering met voorgespannen betonbalken 60**
- 5.7.1 Algemene beschrijving en toepassingsgebied 60
- 5.7.2 Ontwerpberekening 60
- 5.7.3 Bouwplaatsinrichting 60
- 5.7.4 Voor- en nadelen voor de eigenaar 60
- 5.7.5 Afspraken met de eigenaar 61
- 5.7.6 Toezicht / inspectie 61
- 5.7.7 Oplevering 61

## **6 Herstelmethode bij fundering op staal 63**

- 6.1 Inleiding 63**
- 6.2 Fundatiestabilisering met expansieharsen 63**
- 6.2.1 Algemene beschrijving en toepassingsgebied 63
- 6.2.2 Ontwerpberekening 65
- 6.2.3 Bouwplaatsinrichting 65
- 6.2.4 Voor- en nadelen voor de eigenaar 65
- 6.2.5 Toezicht / inspectie 65
- 6.2.6 Oplevering 66
- 6.2.7 Garantie 66
- 6.3 Fundatiestabilisering met waterglasinjecties 66**
- 6.3.1 Algemene beschrijving en toepassingsgebied 66
- 6.3.2 Ontwerpberekening 67
- 6.3.3 Bouwplaatsinrichting 67
- 6.3.4 Voor- en nadelen voor de eigenaar 67
- 6.3.5 Afspraken met de eigenaar 68
- 6.3.6 Toezicht / inspectie 68
- 6.3.7 Oplevering 68
- 6.3.8 Garantie 68
- 6.4 Liften van de funderingsplaat 68**
- 6.4.1 Algemene beschrijving en toepassingsgebied 68
- 6.4.2 Ontwerpberekening 69
- 6.4.3 Bouwplaatsinrichting 69
- 6.4.4 Voor- en nadelen voor de eigenaar 69
- 6.4.5 Toezicht / inspectie 69
- 6.4.6 Oplevering 69
- 6.4.7 Garantie 69
- 6.5 Versterken bestaande fundering op staal 69**
- 6.5.1 Algemene beschrijving en toepassingsgebied 69
- 6.5.2 Ontwerpberekening 70
- 6.5.3 Bouwplaatsinrichting 70
- 6.5.4 Voor- en nadelen voor de eigenaar 70

## **7 Grondwater opzetten bij fundering op houten palen 71**

- 7.1 Algemene beschrijving en toepassingsgebied 71
- 7.2 Ontwerpberekening 72
- 7.3 Bouwplaatsinrichting 72
- 7.4 Voor- en nadelen voor de eigenaar 72
- 7.5 Toezicht / inspectie 72
- 7.6 Garantie 72

## **Bijlage A - Monitoring 73**

- A1 Trillingsmetingen 73
- A2 Hoogte- en/of deformatiemetingen 74
- A3 Scheurwijdtemetingen 76
- A4 Peilbuismetingen 76

## **Bijlage B - Metselwerk 77**

- B1 Functies metselwerk 77
- B2 Eigenschappen metselwerk (literatuuronderzoek) 77
- B3 Gangbare procedure beoordeling metselwerk 79
- B4 Voorbeeldberekening belasting 80
- B5 Schijfwerking en herverdeling 80
- B6 Overschrijding spanningen in metselwerk rond paalkoppen 80
- B7 Bezwijken drukboog 82
- B8 Bezwijken metselwerk van de bouwmuur 82
- B9 Toetsingen metselwerk 83

## **Bijlage C - Voorbeelden van offertes 85**

- C1 Voorbeeldofferte voor een fundering op palen 85
- C2 Voorbeeldofferte voor een injectiewerk 87

## **Bijlage D - Partieel of lokaal funderingsherstel 91**

- D1 Toelichting items 1 en 3 92
- D2 Toelichting geval C uit tabel 2-2 93
- D3 Toelichting geval D uit tabel 2-2 96

## **Bijlage E - Aansprakelijkheidstelling 99**

- E1 Bestuursrechtelijke aansprakelijkheidstelling 99
- E2 Privaatrechtelijke aansprakelijkheidstelling 102
- E3 CAR verzekering 103

## **Bijlage F - Funderingsherstel en het publiekrecht 105**

## **Bijlage G - Organisatie Onafhankelijk Onderzoek Funderingen (F<sub>3</sub>O) 109**

## **Bijlage H - Websites deelnemende bedrijven en organisaties 110**

## **Bijlage I - Literatuur 111**

# Verklarende woordenlijst

bemaling	installatie voor de (tijdelijke) verlaging van de grondwaterstand
bouwkundige eenheid	een funderingstechnisch gezien aaneengesloten eenheid van panden, meestal in zijn geheel omgeven door straten of maaiveld
BGT	Bruikbaarheidsgrenstoestand. In constructief ontwerp gebruikt begrip. Betreft de berekening die zo goed mogelijk de werkelijke spannings- en vervormingstoestand betreft.
CAR verzekering	Constructie All Risks (verzekering voor bouwwerken)
console	korte uitkragende (dwars)balk van staal, beton of hout
fundering op staal	funderingswijze waarbij de muren en kolommen via een verbrede voet direct op de ondiepe, draagkrachtige bodem rusten
grout	meestal: een mengsel van cement, water en hulpstoffen; constructieve lijm, waarin geen cement verwerkt is, wordt soms ook aangeduid als grout
handhavingstermijn (fundering)	De termijn waarbinnen de vervormingen van de fundering (bij gelijkblijvende omstandigheden) zodanig beperkt blijven dat geen verlies van gebruikswaarde van het bouwwerk zal optreden.
kesp	een korte balk van hout of beton die in een paalfundering het overgangsdeel vormt tussen de paal en het langshout
KLIC melding	melding aan het Kabels en Leidingen Informatie Centrum, waarmee informatie wordt verkregen van de aanwezige kabels en leidingen op het (bouw)terrein
langshout	een houten balk die horizontaal over de koppen van houten funderingspalen ligt
mandeligheid	een vorm van gebonden mede-eigendom van bijvoorbeeld een bouwmuur
negatieve kleef	extra paalbelasting door zakkende grond
nulmeting (0-meting)	bouwkundige vooropname (zie 3.4.3)
peilbuis	in de grond geplaatste aan onderzijde geperforeerde buis voor de meting van de grondwaterstand en/of de stijghoogte van het grondwater
PvE	Programma van Eisen
rekenwaarde belasting	kunstmatig verhoogde belasting in de berekening teneinde het gewenste veiligheidsniveau te bereiken
rekenwaarde sterkte	kunstmatig verlaagde sterkte in de berekening teneinde het gewenste veiligheidsniveau te bereiken
retourbemaling	installatie waarmee het door de bemaling opgepompte water op enige afstand weer in de grond wordt terug gebracht
roosterhout / roosterwerk	horizontaal roosterwerk van hout onder funderingen op staal; ook wel liggend roosterwerk genoemd
sondering	mechanische weerstandsmeting in de grond
spatkracht	horizontaal gerichte kracht onder bogen en gewelven
stempel	hulpconstructie voor tijdelijke ondersteuning
trompverbinding	verbinding van stalen buissegmenten door een van de segmenten over geringe hoogte op te rekken
UGT	Uiterste GrensToestand. In constructief ontwerp gebruikt begrip. Betreft de berekening die maatgevend is voor de constructieve veiligheid van de constructie.
versnijding	bij een gemetselde fundering op staal, de stapsgewijze afname van de breedte het metselwerk van onder naar boven
vijzel	hydraulische cilinder
VvE	Vereniging van Eigenaren



# 1 Inleiding

## 1.1 Algemeen

In de komende decennia zal in Nederland bij vele panden de fundering moeten worden hersteld, zie het Manifest voor funderingsherstel [1]. Reden is dat deze panden op houten palen zijn gefundeerd, waarbij sprake is van matige tot ernstige aantasting als gevolg van droogstand en/of bacteriële aantasting en/of onvoldoende draagkracht als gevolg van overmatige negatieve kleeft. Aanvankelijk werd gedacht dat het om 200.000 woningen ging, inmiddels is duidelijk dat er ongeveer 250.000 woningen met funderingsproblemen zijn. Als geen afdoende maatregelen worden genomen zal dit aantal de komende decennia minstens verdubbelen.

Daarnaast zal ook bij ondiep gefundeerde panden (de op staal gefundeerde woningen) in veen- en kleigebieden funderingsversterking nodig zijn vanwege onvoldoende draagkrachtige bodemlagen, uitspoeling en lekkage, grondontspanning door bouwwerkzaamheden en/of verlaging van de grondwaterstand door bemaling of droge zomers. Een schatting is dat het gaat om tussen de 200.000 en 300.000 woningen. Minimaal de helft zal voorzien moeten worden van een nieuwe paalfundering of worden afgeschreven. Voor de overige woningen zijn herstelmaatregelen in de vorm van ondergrondverbetering (bodeminjectie) mogelijk.

Dit betekent dat in totaal minstens 400.000 gezinnen geconfronteerd zullen worden met de financiële gevolgen van de funderingsproblematiek. Dit betekent ook dat meer dan 5% van de totale woningvoorraad funderingsproblemen heeft of krijgt. Daar komt bij dat sinds 2003 steeds vaker warmere zomers voorkomen waardoor meer grondwaterverdamping ontstaat. Bij houten palen komt hierdoor in veel gevallen gedurende de zomer het funderingshout droog of langer droog te staan, met als gevolg een versnelling van de schimmelaantasting en daarmee het aantal panden met funderingsproblemen. Bij funderingen op staal kan verzakking ontstaan door inklinking van grondlagen.

Een eenduidige beoordelingssystematiek voor het onderzoek naar en het vaststellen van de kwaliteit van funderingen is inmiddels ontwikkeld, zie de CUR/SBR/F30 Richtlijn - Onderzoek en beoordeling van houten paalfunderingen onder gebouwen [2] en de CUR/SBR/F30 Richtlijn -Onderzoek en beoordeling van funderingen op staal (ondiepe funderingen) [3]. In vervolg hierop

is de voor u liggende richtlijn ontwikkeld voor de fase na het onderzoek, namelijk het daadwerkelijk herstel van de fundering. Alle daarbij van belang zijnde aspecten komen in deze richtlijn aan de orde. Nadrukkelijk gaat het hierbij niet alleen om de technische aspecten en mogelijkheden maar ook om de emotionele, organisatorische, juridische en verzekeringstechnische aspecten.

Om te komen tot een breed gedragen en algemeen geaccepteerde richtlijn voor funderingsherstel is een commissie samengesteld waarin alle betrokken partijen ruim vertegenwoordigd waren.

Dit CUR/SBR-handboek is bedoeld voor het funderingsherstel van panden waarvan de fundering onvoldoende draagkracht heeft. De doelgroep van de richtlijn bestaat uit opdrachtgevers en opdrachtnemers. Tot de opdrachtgevers behoren naast professionele instanties, zoals woningbouwverenigingen, projectontwikkelaars en verenigingen van eigenaren, ook individuele huizenbezitters (particulieren). Tot de opdrachtnemers behoren de aannemers, die het funderingsherstel daadwerkelijk uitvoeren, en de advies- en ingenieursbureaus, die het funderingsherstel voorbereiden en begeleiden. Daarnaast is de richtlijn van belang voor diverse toetsende en vergunning afgevend instanties, waaronder gemeenten en waterschappen.

## 1.2 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 behandelt de technische aspecten die te maken hebben met de omvang van het funderingsherstel. Dit speelt met name indien binnen een bouwkundige eenheid zowel panden met veel schade als panden met nagenoeg geen of weinig schade voorkomen. De eerste paragraaf van hoofdstuk 2 geeft een beknopte samenvatting van het resultaat van het funderingsonderzoek.

In hoofdstuk 3 komen alle aspecten van het funderingsherstel aan de orde. Het hoofdstuk begint met een beschrijving van het verloop van het gehele herstelproces. Hierin wordt uit de doeken gedaan wat er allemaal bij komt kijken en hoe lang het hele proces kan duren. Dit wordt ook wel het emotionele proces voor de bewoner/eigenaar van het pand genoemd. Daarna volgen per concreet onderwerp aandachtspunten en richtlijnen. Dit betreft het hele traject van de voorbereiding tot de daadwerkelijke uitvoering. Aan de orde komen onder meer het vastleg-

gen van de bestaande situatie, de juridische en verzekeringstechnische aspecten, de specifieke mogelijkheden van de verschillende herstelmethoden, de begeleiding en directievoering, het financieringsplan, het uitvoeringscontract en de benodigde vergunningen. Ook wordt kort ingegaan op eventuele aanvullende wensen van de eigenaren van de panden nu er omvangrijke bouwkundige werkzaamheden in uitvoering zijn. Hierbij valt te denken aan het aanbrengen van een kelder, cascoherstel en het isoleren van het pand.

De ontwerpberekening komt aan de orde in hoofdstuk 4, waarbij vooral veel aandacht wordt besteed aan de sterkte en de toetsing van het bestaande metsel- en betonwerk. Hoofdstukken 5 en 6 gaan in op de herstelmethoden bij een fundering op palen respectievelijk een fundering op staal. De paragrafen zijn zoveel mogelijk volgens een vaste indeling opgesteld zodat onderlinge vergelijking goed mogelijk is.

Hoofdstuk 7 behandelt een preventieve maatregel bij een fundering op houten palen, namelijk het opzetten van de grondwaterstand.

Ten slotte wordt in de bijlagen achtergrondinformatie gegeven over:

- monitoring bij funderingsherstel;
- de krachtsverdeling in het bestaande metselwerk;
- de offerte van de aannemer;
- het bepalen van de funderingshersteleenheid;
- de aansprakelijkheidstelling;
- publiekrechtelijke aspecten van funderingsherstel.



# 2 Omvang van het funderingsherstel

## 2.1 Inleiding

Als er signalen zijn dat een fundering van een pand slecht is, zoals scheefstand, klemmende deuren en ramen en eventueel zelfs scheuren in het metselwerk, is een funderingsonderzoek de eerste stap in het herstelproces. Omdat de resultaten van dit onderzoek een grote impact kunnen hebben op de privésituatie (financieel en emotioneel) van de eigenaren is een goed funderingsonderzoek een vereiste. De funderingsbranche heeft hierop geanticipeerd en heeft richtlijnen opgesteld voor het uitvoeren van dit onderzoek (zie bijlage G). Het funderingsonderzoek geeft uitsluitsel over de noodzaak tot funderingsherstel op de korte of lange termijn. Het daarbij uitgevoerde archiefonderzoek geeft een beeld van wat er de afgelopen tijd in de buurt heeft plaatsgevonden. Van belang zijn de oorspronkelijke bouwtekening(en), de bouwaanvraag, de (proef)heistaat en het feit of de bouwstroom een zelfstandige bouweenheid is of dat deze bouwstroom deel uitmaakt van een grotere bouweenheid.

Uit het funderingsonderzoek blijkt één van de volgende mogelijkheden:

- Fundering is in orde met een handhavingstermijn van meer dan 25 jaar.
- De fundering is in orde maar de grondwatersituatie is onduidelijk. Hieruit volgt het advies om het grondwater gedurende een aantal jaren te (laten) monitoren.
- De draagkracht van de fundering is onzeker en mogelijk niet voldoende. Hieruit volgt het advies om gedurende een langere periode het zettingsgedrag te monitoren met een nauwkeurigheidswaterpasmetering.
- De fundering is in orde maar het grondwater staat te laag. Nagegaan kan worden of het mogelijk is het grondwater op een hoger niveau te krijgen ter plaatse van het pand / bouwblok.
- Het funderingshout is aangetast en funderingsherstel is nodig.
- Bij op staal gefundeerde woningen is de draagkracht van de ondergrond onvoldoende.

Het voorliggende handboek betreft funderingsherstel respectievelijk vernieuwing voor de gevallen c, d, e en f.

## 2.2 Bepalen van de funderingshersteleenheid

### 2.2.1 Probleemstelling

Wanneer uit een funderingsonderzoek is gebleken dat een of meerdere panden een funderingsprobleem hebben, zal in een groot aantal gevallen funderingsherstel plaatsvinden. In deze paragraaf wordt ingegaan op de technische aspecten die een rol spelen bij het bepalen van de bouweenheid voor funderingsherstel, hierna te noemen de funderingshersteleenheid. Tot deze eenheid behoren alle panden (partijen) die te maken hebben met funderingsherstel en de directe gevolgen daarvan.

Bij het bepalen van de funderingshersteleenheid is het van belang de oorzaak van het funderingsprobleem te kennen. Uit een goed uitgevoerd funderingsonderzoek moet blijken wat de oorzaak van het funderingsprobleem is en kan een principeoplossing worden aangegeven. Een ander belangrijk aspect bij funderingsherstel is het belendend pand, dat (nog) geen funderingsprobleem heeft. In bijna alle gevallen van panden in een bouwkundige eenheid zullen de belendingen bij het funderingsherstel worden betrokken, zie ook de juridische voorwaarden in 3.5.

Bij het bepalen van de funderingshersteleenheid zullen worden beschouwd (zie de voorbeelden in bijlage D):

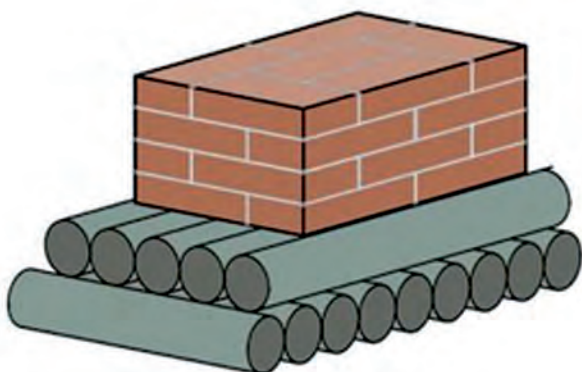
- het funderingstype, waarbij in hoofdzaak onderscheid zal worden gemaakt tussen panden op palen en panden op staal gefundeerd. Varianten zullen zoveel mogelijk worden gecategoriseerd in fundering op palen of fundering op staal;
- de bouwkundige staat van het pand;
- de constructieve en onderlinge samenhang met de belendingen;
- de historische en economische waarde van het pand;
- de bruikbaarheidsfunctie van het pand.

De sociale, maatschappelijke en financiële aspecten bij funderingsherstel komen in hoofdstuk 3 aan de orde.

### 2.2.2 Oorzaak van het funderingsprobleem

De in Nederland vaak voorkomende funderingsproblemen bij panden op houten funderingspalen betreffen voornamelijk aantasting van het hout en onvoldoende draagkracht. In speciale gevallen kan het gaan om aantasting van het hout van relatief korte palen, zoals kleefpalen en/of slieten. Als deze palen niet reiken tot in de vaste zandlaag is sprake van een fundering op staal. Bij houten palen met betonplangers en betonpalen komen in

Nederland nog maar weinig funderingsproblemen voor. Bij op staal gefundeerde panden is de oorzaak voornamelijk het ongelijkmatig zakken van de ondergrond of aantasting van het roosterhout.



Figuur 2-1 Houten roosterwerk onder een fundering op staal.

Uit het overzicht van tabel 2-1 valt af te leiden dat de funderingsproblemen in hoofdzaak worden veroorzaakt door aantasting van het funderingshout en zakking van de ondergrond. Het bepalen van de funderingshersteleenheid richt zich vooral op deze twee hoofdgroepen waarbij scheefstand of zakking bepalend is.

Voorafgaand aan het bepalen van de funderingshersteleenheid moeten de omvang en het soort funderingsprobleem worden beschouwd. In geval van een vrijstaand pand of een bouwkundige eenheid met funderingsproblemen is de omvang duidelijk. Als slechts een aantal panden in een bouwkundige eenheid een funderingsprobleem hebben, is de beschouwing veel complexer.

### 2.2.3 Factoren bij het bepalen van de funderingshersteleenheid

Uit het funderingsonderzoek valt af te leiden wat de oorzaak van het funderingsprobleem is. In tabel 2-2 is een aantal combinaties uit de praktijk weergegeven waarbij funderingsproblemen zich kunnen voordoen. Opgemerkt wordt dat niet altijd de omvang van het funderingsonderzoek voldoende is. In die gevallen zal zo nodig aanvullend funderingsonderzoek uitgevoerd moeten worden.

Uit tabel 2-2 blijkt dat in de meeste gevallen funderingsherstel aan een pand gevolgen heeft voor de belendingen. In het algemeen geldt dat belendingen geen hinder mogen ondervinden van het funderingsherstel van de probleempanen. Een belendend pand, waar geen funderingsherstel is uitgevoerd en dat mogelijk nog wel zakking

Tabel 2-1 Funderingsproblemen

Funderingstype	Paalfundering e.d.	Fundering op staal
Kenmerken	Scheefstand Klemmende deuren en ramen Scheuren in gevel en binnenmuren	Scheefstand Klemmende deuren en ramen Scheuren in gevel en binnenmuren Optrekkend vocht
Oorzaak	<p>Aantasting van de houten paalkop, langs- en/of keshout:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Schimmelaantasting (paalrot) door een te lage grondwaterstand door o.a. lekke, drainerende riolen, te laag afgestelde drainages, verlaging oppervlaktewater, bemaling van bouwputten.</li> <li>Bacteriële aantasting (palenpest), die ook onder de grondwaterspiegel tot aan de punt van de paal kan optreden.</li> </ul> <p>Zakkende palen door:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Negatieve kleef (grond is aan de paal gaan hangen). Tot plusminus 1965 is hiermee in de constructieberekeningen geen rekening gehouden. Wordt versterkt door ophogingen, grondwaterstandsvaling en bodemdaling.</li> <li>Overbelasting door onjuiste verbouwingen.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Onvoldoende draagkrachtige bodemlagen.</li> <li>Inklinking van bodemlagen (veen/klei) door grondwateronttrekking.</li> <li>Uitspoeling en lekkage.</li> <li>Verlaging grondwaterstand door bemaling.</li> <li>Grondontspanning (afgraving/ophogen).</li> <li>Overbelasting door (onjuiste) aanpassing draagconstructie.</li> <li>Aantasting roosterhout onder de fundering op staal (zie figuur 2-1).</li> </ul>

Tabel 2-2 Voorbeelden van combinaties waarbij zich funderingsproblemen kunnen voordoen.

	Bouweenheid met funderingsprobleem	Randvoorwaarden belending
A	Vrijstaand pand	Geen
B	Gehele bouwkundige eenheid	Geen
C	Een of meerdere aaneengesloten tussenliggende panden in een bouwkundige eenheid	Toetsing scheurvorming metselwerk aan de hand van opgetreden hoekverdraaiing
D	Een of meerdere panden aan een zijde van een bouwkundige eenheid	Toetsing scheurvorming metselwerk aan de hand van opgetreden hoekverdraaiing
E	Dubbelpand	Toetsing scheurvorming metselwerk aan de hand van opgetreden hoekverdraaiing
F	Monumentaal pand vrijstaand	Geen
G	Monumentaal pand met (latere) aanbouwen	Toetsing scheurvorming metselwerk aan de hand van opgetreden hoekverdraaiing

ondergaat, zal zich gaan gedragen als een "scharnierpand". In bijlage D wordt hierop nader ingegaan.

### 2.2.4 Criteria voor funderingsschade

Wat betreft het schadebeeld wordt onderscheid gemaakt in:

- instortingsgevaar: overschrijding draagkracht, balk verliest oplegging, penanten bezwijken;
- constructieve schade: ernstige scheurvorming (> 5 mm);
- architectonische schade, onder te verdelen in:
  - functionele schade: klemmende deuren of ramen, zichtbare scheurvorming (geen haarscheuren);
  - esthetische schade: haarscheuren.

Functionele schade betreft veelal de schade die kenmerkend is voor funderingsproblemen. Binnen het kader van dit handboek zal de aandacht zich voornamelijk richten op de functionele schade en in mindere mate op de constructieve schade. In het geval van constructieve schade zal al eerder duidelijk zijn dat hiervoor funderingsherstel nodig is.

Voor nieuwbouw zijn in de toelichtende tekst van de geotechnische norm NEN 9997-1 de volgende criteria gegeven (zie ook figuur 2-2):

- UGT hoekverdraaiing niet groter dan 1:100 (constructieve schade);
- BGT hoekverdraaiing niet groter dan 1:300 (visuele schade).

Voor bestaande bouw, waar al deformaties hebben plaatsgevonden, is minder bijkomende vervorming toelaatbaar. De grenzen hiervoor liggen niet vast in de normen. De aanbevolen grenswaarden voor hoekverdraaiing van metselwerk zijn in tabel 2-3 gegeven.

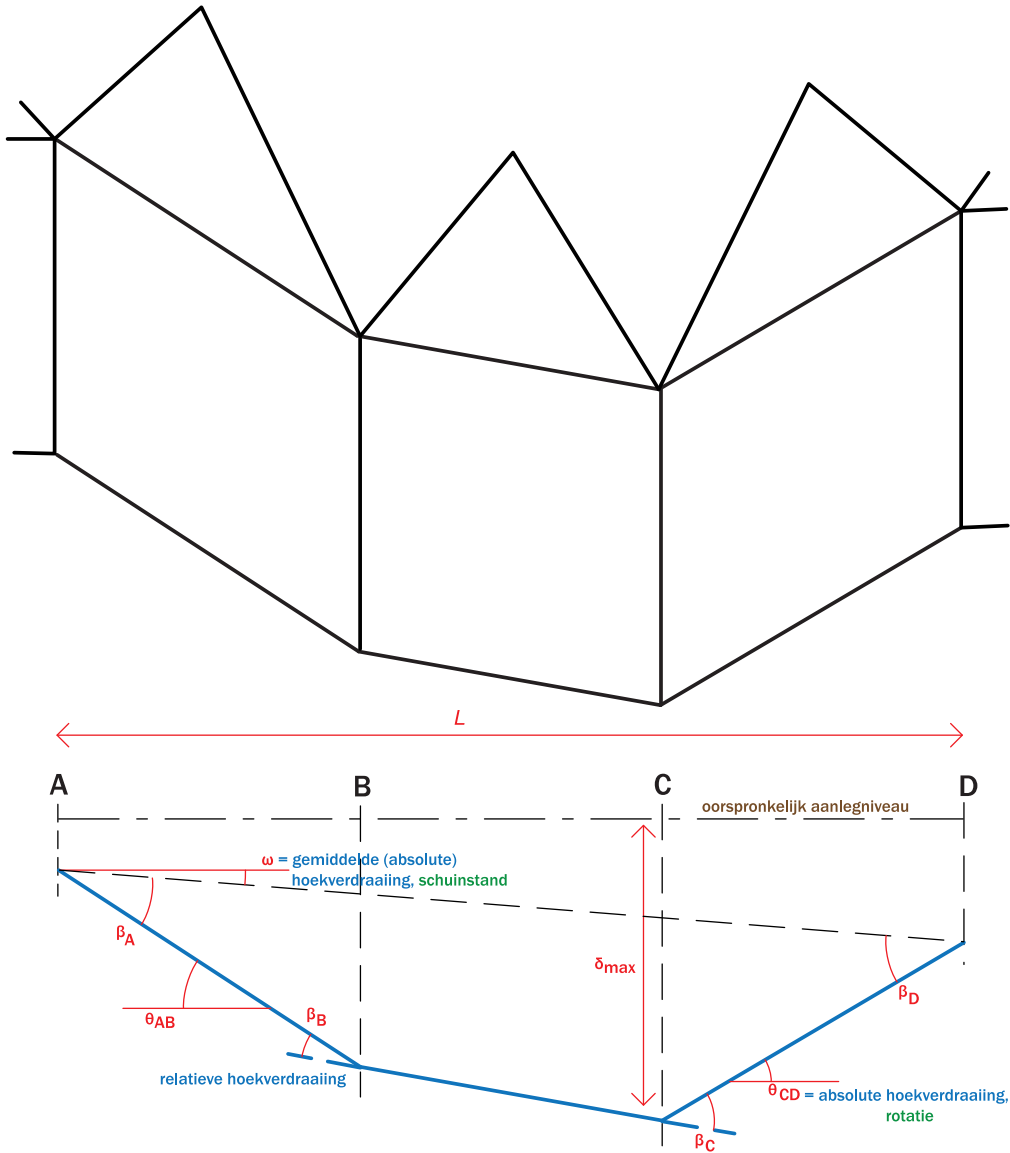
Tabel 2-3 Grenswaarden voor hoekverdraaiing bij metselwerk van bestaande bebouwing.

	relatief	absoluut
Hoekverdraaiing	$\beta < 1/300$	$\Theta < 1/100$

Voor het bepalen van de toelaatbare hoekverdraaiing na funderingsherstel wordt geadviseerd bij woonblokken de grenswaarden behorende bij relatieve hoekverdraaiing aan te houden. Voor monumentale panden wordt geadviseerd de vervormingen in hun geheel te beschouwen waarbij de bewezen rotaties, zonder dat scheurvorming is opgetreden, als uitgangspunt worden gekozen met als maatstaf de grenswaarden uit tabel 2-3. In de praktijk blijkt bij oude monumentale panden vanwege de toegepaste kalkhoudende mortel een grotere hoekverdraaiing toelaatbaar zonder dat scheurvorming optreedt. In dergelijke gevallen bewijst het metselwerk een grotere hoekverdraaiingscapaciteit (ductiliteit) te bezitten dan het tegenwoordige minder kalkhoudende mortelcement.

#### Handhavingstermijn

De gestelde grenswaarden in tabel 2-3 gelden voor een vooraf opgegeven referentieperiode die volgt uit het Bouwbesluit 2012.



Figuur 2-2 Internationale definities en aanduidingen van vervormingsverschillen.

# 3 Algemene aspecten van het herstelproces

## 3.1 Inleiding

Funderingsherstel is niet alleen een technisch proces. Meerdere aspecten spelen een belangrijke rol om tot een succesvol herstel te komen. Voor particuliere eigenaren is het een ingrijpend en emotioneel proces. Als eigenaar van een pand word je van de ene dag op de andere geconfronteerd met een probleem dat voor velen een nachtmerrie is: de fundering van je pand is niet (meer) goed! Na acceptatie van dit feit komt het volgende: hoe herstel je de fundering en waar haal je het geld vandaan? Kunnen de burens die tot de bouwkundige eenheid behoren ook de kosten dragen? Funderingsherstel kan in de praktijk lang duren. Na het funderingsonderzoek van het eigen pand en buurpand(en) komen de volgende zaken aan de orde:

- keuze type funderingsherstel en technisch ontwerp daarvan;
- financiering;
- contractvorming / samenwerking burens;
- organisatie uitvoering.

Belangrijke aspecten hierbij zijn:

- bij gekoppelde panden moet de gehele bouwkundige eenheid (zie 2.2) worden beschouwd;
- een goede begeleiding van het gehele proces is noodzakelijk, zie de nadere toelichting in 3.8;
- funderingsherstel gaat gepaard met hoge kosten.

Er zijn gemeenten die (vaak tijdelijke) leningsmogelijkheden bieden, maar niet altijd lukt het iedere eigenaar de financiering rond te krijgen. Verkoop van het pand is dan het enige alternatief, waarbij de verkoopprijs veel lager is dan de oorspronkelijke waarde. Menigeen dreigt met een restschuld te blijven zitten. Dit geeft veel emotie tijdens het (plan)proces.

Als verschillende eigenaren in de bouwkundige eenheid mee moeten doen, kan vertraging ontstaan in de financiering en het feitelijke herstel. Voor eigenaren/bewoners vergt dit veel van hun incasservermogen. De periode van overleg en voorbereiding kan soms oplopen tot meer dan 10 jaar, waardoor eigenaren die wel willen herstellen lijdzaam moeten toezien hoe hun pand steeds verder achteruitgaat. Een uitweg kan dan zijn dat bepaalde eigenaren voor anderen het funderingsherstel voorfinancieren en terugbetaald worden bij verkoop van het herstelde pand. In dergelijke situaties moeten de afspraken over de financiering bij een notaris worden vast-

gelegd. Ook kan het voorkomen dat een andere partij, zoals een aannemer, een pand opkoopt.

Als er een zeer hoge urgentie tot funderingsherstel is, kan een gemeente overgaan tot het aanschrijven van onwillige eigenaren, zie bijlage F. Publieksrechtelijk kan dit echter meestal pas wanneer het kwaliteitsniveau van de fundering onder het niveau van bestaande bouw is gedaald. Dan is de referentieperiode wettelijk 1 jaar. De uitvoering zelf kan problemen met zich meebrengen, omdat de overlast vaak groot is, bijvoorbeeld als vloeren moeten worden gesloopt / verwijderd, inclusief zaken als vloerbedekking, binnenmuren, keukens, trappen, sanitair. De benedenverdieping (begane grond) is dan enkele weken tot maanden onbruikbaar waardoor een wisselwoning nodig kan zijn.

Bij funderingsherstel is het belangrijk dat de eigenaar en de aannemer van te voren goed afspreken wie wat doet. Zelfwerkzaamheid door eigenaren behoort tot de mogelijkheden om kosten te besparen, zie 3.12. In de meeste gevallen levert de funderingsaannemer de nieuwe fundering op, vaak met een nieuwe betonvloer. De eigenaar dient dan de verdere afwerking zelf te regelen of aanvullend op te dragen.

Het noodzakelijke funderingsherstel kan ook als kans worden gebruikt om overig noodzakelijk onderhoud aan de woninginrichting, installaties en leidingen te verrichten, of om een kelder of souterrain te maken onder het gehele pand. Let daarbij op de aanwezigheid van kabels en (loden) leidingen en vervuilde grond.

## 3.2 Stappenplan

Voor het funderingsherstel is het onderstaande stappenplan te gebruiken.

### *Stap 1 Acceptatie en voorbereiding funderingsherstel*

- vaststellen bouwkundige eenheid, zie 2.2;
- bij een bouwkundige eenheid met verschillende eigenaren: tekenen van een intentieverklaring op basis van het funderingsonderzoek, waarbij de eigenaren onderling afspreken over te gaan tot funderingsherstel;
- doen van vooronderzoek naar de financieringsmogelijkheden;
- opzetten van de organisatie en de planning;
- bespreken van de eventuele noodzaak voor het

- uitvoeren van nader (funderings)onderzoek;
- bespreken van de wijze van aanbesteden: op basis van een voorontwerp of op basis van een prestatiecontract met gunningcriteria;
- verzorgen van tekenwerk van de huidige situatie;
- verzorgen van bouwkundige vooropname (ook 0-meting genoemd), zie 3.4.2;
- het (laten) uitvoeren van geotechnisch en milieukundig onderzoek, zie 3.6;
- voeren van individuele gesprekken met betrekking tot plan, financiën en sociale aspecten;
- voorselectie in te schakelen partijen;
- indien gewenst: regelen voorfinanciering;
- opstellen voorlopig programma van eisen (PvE).

#### Stap 2 Funderingsherstel uitwerken

- definitief vaststellen PvE;
- keuze maken van de wijze van aanbesteden (aanbesteding op basis van een voorontwerp versus aanbesteding op basis van een prestatiecontract);
- uitwerken van de herstmethode. Bij aanbesteding op basis van een voorontwerp moet de opdrachtgever een ingenieurs-/adviesbureau inschakelen. Bij aanbesteding op basis van een prestatiecontract hoort dit bij de werkzaamheden van de aannemer;
- opvragen offertes funderingsherstel;
- opvragen offertes overige bouwkundige werkzaamheden (casco)
- afstemmen zelfwerkzaamheid;
- opstellen kostenoverzichten per pand, zie 3.12;
- individuele gesprekken met pré-toets financiering;
- infoavond(en) om tot gezamenlijke besluitvorming te komen, welke methode, welke aannemer, prijsvorming;
- voorbereiden en indienen aanvraag omgevingsvergunning (door constructeur en/of aannemer);
- voorbereiden en indienen financieringsaanvraag (subsidie);
- regelen van de directievoering;
- zo nodig: regelen van tijdelijke huisvesting;
- regelen van eventuele overige zaken, zoals gebruik openbare ruimte, verkeersmaatregelen, omleggen van kabels en leidingen;
- regelen van de (CAR-)verzekering.

#### Stap 3 Contract

- afronden omgevingsvergunning en overige aanvragen;
- opstellen en tekenen van opdracht(en) / contracten, inclusief het vastleggen van de betalingsverplichtingen (eerste en volgende termijnen).

#### Stap 4 Uitvoering

- directievoering, inclusief planning, termijnstaten, wijze van communicatie;
- meldingsplicht gemeente;
- daadwerkelijk uitvoering van funderingsherstel;
- oplevering funderingsherstel;
- eventueel: na wachttijd (zie 4.2.2) uitvoeren cascoplan / extra werkzaamheden en oplevering cascoplan.

#### Stap 5 Eindafrekening

- verzamelen definitieve financiële gegevens;
- opstellen definitieve kosten;
- afrekening doen verzorgen ten behoeve van eigenaar en financiering;
- vaststellen revisietekening/plan, dat wil zeggen tekeningen van het plan zoals het daadwerkelijk is uitgevoerd, dus met verwerking van aanpassingen/wijzigingen tijdens de uitvoering ten opzichte van het uitvoeringsplan vooraf;
- vaststellen beheermap (opleveringsdocument), dat wil zeggen een map voor eigenaar/VvE/beheerder met daarin alle stukken van het funderingsherstel, zoals revisietekeningen, garantiebepalingen, onderhoudsinstructies.

### 3.3 Aanvullende wensen eigenaren

Funderingsherstel richt zich in eerste instantie op het herstel van de huidige fundering. In veel gevallen is er ook sprake van gevolgschade door de slechte fundering. Te denken valt aan scheurvorming in metselwerk en voegwerk, aansluitingen tussen muren onderling, kozijnen enz. Het herstel hiervan, het zogenaamde cascoherstel, dient zoveel mogelijk vooraf geïnventariseerd te worden. Het cascoherstel mag pas uitgevoerd worden nadat de nieuwe fundering is gezet (zetting heeft ondergaan) ten gevolge van de gebouwbelasting, zie 4.2.2. Wanneer ten behoeve van het funderingsherstel de beganegrondvloer is verwijderd, moet de nieuwe vloer (meestal in gewapend beton) voldoen aan de eisen voor nieuwbouw uit het Bouwbesluit.

Daarnaast moeten veelal binnenwanden, keukenapparatuur en sanitairuitrusting teruggeplaatst worden. Hierbij kunnen aanvullende wensen van de eigenaren gehonoreerd worden, zoals het aanbrengen van vloerverwarming.

#### Kelder

Als de funderingswerkzaamheden onder de beganegrond

grondvloer worden uitgevoerd en graafwerk verricht moet worden, kan worden overwogen een kelder aan te brengen. Dit kost uiteraard extra geld maar resulteert ook in een hogere waarde van het pand. In de planperiode moet de toegankelijkheid van de kelder worden uitgezocht, omdat de kelderwanden binnen de bestaande muren gemaakt worden en soms een forse dikte hebben. Bij gebruiksruidten in de kelder gelden de eisen volgens het Bouwbesluit ten aanzien van de hoogte, ventilatie en verlichting (daglichttoetreding). Aandachtspunt is de waterdichtheid van de kelder, ook tijdens en na hevige regenval.

#### *Duurzaamheid*

Naast eventueel cascoherstel kunnen ook energiebesparende maatregelen worden uitgevoerd. Het is aan te bevelen een Energielabel en een EPA Maatwerkadvies op te laten stellen. Door het tegelijk uitvoeren van energie besparende maatregelen kunnen de energielasten en daarmee ook de woonlasten verlaagd worden. Te denken valt aan vloerisolatie, isoleren van muren bij gevelherstel, luchtdichtheid, aanbrengen dubbel glas bij kozijnvernieuwing, enz.

### **3.4 Risicobeoordeling - vastleggen bestaande situatie - monitoring**

Bij funderingsherstel vinden tal van werkzaamheden plaats die invloed kunnen hebben op het pand waar het herstel wordt uitgevoerd en/of aan beliggende panden. Veel voorkomende werkzaamheden zijn graafwerk, heiwerk, hak- en breekwerk, en in enkele gevallen (tijdelijke) grondwaterstandverlaging. Deze werkzaamheden kunnen in meer of mindere mate leiden tot schade. Het is aan te bevelen enerzijds de risico's op schade vooraf te inventariseren en anderzijds metingen te verrichten tijdens de uitvoering om het risico op het ontstaan van schade te minimaliseren en tijdig te kunnen ingrijpen als het dreigt mis te gaan. In alle gevallen is het nodig vooraf de bestaande situatie vast te leggen, om het moment waarop de eventuele schade ontstaat te kunnen identificeren.

#### **3.4.1 Risicobeoordeling**

Uitgaande van het ontwerp van de nieuwe fundering, de gekozen uitvoeringsmethoden, de grondgesteldheid en de bouwkundige staat van naastliggende panden en overige aanwezige infrastructuur wordt een risicoanalyse opgesteld. Dit is een onderzoek naar mogelijke scha-

delijke gevolgen die de bouwwerkzaamheden kunnen hebben voor naastliggende panden, het te verbouwen pand zelf en alle overige infrastructuur in de directe omgeving zoals straatwerk, kabels en leidingen.

De risicobeoordeling heeft als doel:

- de beheersmaatregelen ter voorkoming van schade vast te stellen;
- na te gaan of het nodig/zinvol is het ontwerp en/of de uitvoeringsmethode aan te passen ter vermindering van de risico's.

Bij een contract op basis van een voorontwerp maakt de risicoanalyse onderdeel uit van het ontwerp. Bij een prestatiecontract zal de aannemer de risicoanalyse (laten) opstellen. Soms eist de verzekeringsmaatschappij dat de risicoanalyse door een onafhankelijk expertise- of adviesbureau wordt opgesteld.

De omvang en uitgebreidheid van de risicobeoordeling kan variëren. Bij funderingsherstel van een vrijstaand pand kan de risicobeoordeling vaak eenvoudig zijn. Bij funderingsherstel van een pand in bebouwde omgeving zal de risicobeoordeling uitgebreider zijn. Vaak is dan aanvullend onderzoek nodig zoals archiefonderzoek naar de funderingen van naastliggende panden en een inventarisatie van mogelijke kwetsbare kabels en leidingen. Indien heiwerkzaamheden zijn voorzien, moet een prognose van de te verwachten trillingen worden opgesteld vanwege het risico op trillingsschade. Als een verlaging van de grondwaterstand nodig is, bijvoorbeeld bij aanleg van een kelder in samenhang met funderingsherstel, is een analyse van de effecten op de omgeving vereist. Daarvoor kan het nodig zijn het grondwater vanaf minstens 1 jaar voor aanvang van de werkzaamheden te monitoren (zie 3.4.3).

#### *Checklist risicobeoordeling*

Bij het opstellen van een risicobeoordeling moet voldoende informatie beschikbaar zijn zoals:

- het ontwerp en, indien van toepassing, het bestek;
- grondgegevens zoals sonderingen en boringen;
- informatie over de fundering van naastliggende panden en het te verbouwen pand;
- informatie over de bouwkundige staat van naastliggende panden en het te verbouwen pand;
- informatie over aanwezige kabels en leidingen, te verkrijgen via een KLIC-melding.

Bij graafwerk in openbaar gebied is het aan te bevelen vooraf een proefsleuf te graven ter verificatie van de via de KLIC-melding verkregen informatie.

Bij bouwwerkzaamheden kan risico op schade ontstaan door:

- trillingen door bouwwerkzaamheden;
- grondvervorming door ontgraving van een bouwput;
- zakking door verlaging van de grondwaterspiegel (bemaling).

Voor een uitgebreide lijst met risico's en beheersmaatregelen bij funderingswerkzaamheden en bouwputten wordt verwezen naar CUR-publicatie 223 *Richtlijn meten en monitoring van bouwputten* [6].

Voor de genoemde risico's zijn de standaard beheersmaatregelen het uitvoeren van bouwkundige (voor) opnames, trillingsmetingen, hoogte- en/of deformatiemetingen, scheurwijdtemetingen en peilbuismetingen. Onderstaande tabel geeft een algemene indicatie van de benodigde risicobeoordeling en monitoring.

### 3.4.2 Vastleggen bestaande situatie

Een bouwkundige vooropname, in de praktijk ook aangeduid als nulmeting of 0-meting, bestaat uit een externe en interne inspectie van een pand met als doel de bestaande, visueel waarneembare gebreken zoals scheurvorming en naadvorming van dat moment zo goed mogelijk vast te leggen (zie [2]). Bij de vooropname dienen alle binnen- en buitenwanden te zijn betrokken, waarbij


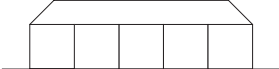

detailfoto's van bestaande scheuren of andere onvolkomenheden zijn gemaakt.

Een vooropname is primair bedoeld voor panden die binnen het invloedsgebied liggen van een (ver)bouwproject, zie ook 2.2. De vooropname moet voorafgaand aan de start van het betreffende project(onderdeel) worden uitgevoerd. De resultaten worden vastgelegd in een duidelijk rapport waarin alle aangetroffen gebreken/onvolkomenheden zijn vastgelegd door middel van foto's en tekst. Als leidraad voor het opnamerapport is het gebruikelijk de *Richtlijn Bouwkundige Opname* [8] van het Nivrea aan te houden.

In aanvulling op de inspectie van het pand kan het in dit stadium zinvol zijn ook hoogtemetingen, scheurwijdtemetingen en grondwaterstandmetingen uit te voeren, zie 3.4.3. Door middel van deze metingen wordt de bestaande situatie meer nauwkeurig en getalsmatig vastgelegd.

Een goede rapportage moet de "gebruiker" van de (voor) opname in staat stellen om in een later stadium te kunnen beoordelen of tussentijds duidelijke veranderingen in de bouwkundige staat en schades zijn opgetreden. De gebruiker kan naast de eigenaar ook andere betrokkenen, zoals directie en toezichthouders, betreffen. De rapportage dient in ieder geval aan alle pandeigenaren te worden verstrekt. Opgemerkt wordt dat latere verschil-

Tabel 3-1 Indicatie benodigde risicobeoordeling en monitoring.

Beheersmaatregel	Vrijstaand pand (normale kwaliteit)	Tussengelegen pand (normale kwaliteit)	Tussengelegen pand (slechte kwaliteit)
			
Risico beoordeling	ja (basis)	ja (basis)	ja (uitgebreid)
Bouwkundige opname	te herstellen pand en panden binnen 5 m	te herstellen pand en ten minste de direct aangrenzende panden	te herstellen pand en ten minste twee aangrenzende panden aan weerszijden
Trillingsmetingen bij sloop en/of heiwerkzaamheden	ja	ja	ja
Trillingsmetingen bij overige werkzaamheden	nee	nee	nee
Deformatiemetingen	alleen te herstellen pand	te herstellen pand en direct aangrenzend	eventueel uitgebreider gebied
Scheurwijdte metingen	nee	nee	ja
Bij bemaling ( grond-waterstand-verlaging), deformatie- en peilbuismetingen	afhankelijk van invloedzone bemaling en funderingswijze beleningen		



len ten opzichte van de nulmeting niet altijd veroorzaakt hoeven te zijn door de funderingswerkzaamheden. Ook de gebruikelijke krimp en kruip van bouwmaterialen en verschillen in de luchtvochtigheid en de temperatuur kunnen aanleiding zijn tot verschillen ten opzichte van de nulmeting.

#### *Omvang van de bouwkundige (voor)opname*

Het gebied waarbinnen de bebouwing wordt opgenomen (de opnamestraal) zal bij "lichte" bouwactiviteiten kleiner zijn dan bij "zware" bouwactiviteiten. De risicobeoordeling zal duidelijkheid moeten geven over de uiteindelijke omvang van het opnamegebied.

Tenzij de risicobeoordeling anders voorschrijft, kan de omvang van de bouwkundige opname worden afgelezen uit tabel 3-1. Een volledige bouwkundige opname betreft de binnen- en buitenzijde (interieur en exterieur) van het pand. Bij relatief grote panden kan het opnamegebied beperkt blijven tot een afstand van maximaal circa 20 m.

### **3.4.3 Monitoring**

Bij de vooropname en de risicobeoordeling komen de volgende metingen aan de orde:

- trillingsmeting;
- hoogte- en/of deformatiemeting;
- scheurwijdte meting;
- grondwaterspiegel meting (peilbuismeting).

Gedetailleerde informatie is gegeven in bijlage A en in de aangegeven publicaties.

#### *Trillingsmetingen*

Met behulp van een trillingsopnemer, die wordt bevestigd aan een stijf punt van de draagconstructie van een gebouw, worden trillingen gemeten en geregistreerd. Te hoge trillingen kunnen leiden tot schade aan de constructie. Ook kan een los gepakte zandlaag verdichting ondergaan door trillingen waardoor zakking van funderingen kan ontstaan. Voor nadere informatie over trillingsmetingen zie bijlage A1.

#### *Hoogte- en/of deformatiemeting*

Door het uitvoeren van een hoogte- en/of deformatiemeting aan een pand bestaat de mogelijkheid om in een later stadium te controleren of de stand/positie van een pand tussentijds is veranderd.

Bij een hoogtemeting of (nauwkeurigheds)waterpassing worden meetpunten (hoogteboutjes) in de gevels van een pand aangebracht en wordt de hoogte van deze punten/merken (ook wel Z-waarde genoemd) ingemeten

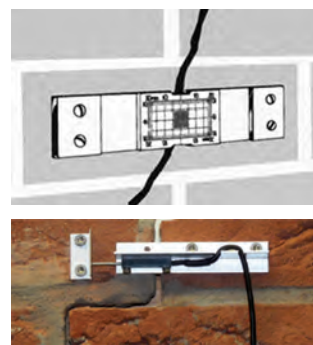
ten opzichte van een of meerdere vaste punten buiten de invloedssfeer van de werkzaamheden. Voor nadere informatie over deformatiemetingen zie bijlage A2.

Naast metingen aan hoogteboutjes kunnen de volgende metingen worden uitgevoerd (zie ook [2]):

- een lintvoegwaterpassing, dat wil zeggen een hoogtemeting van een horizontale voeg in het metselwerk;
- een vloerwaterpassing, waarmee een eventuele helling van de vloer kan worden vastgesteld;
- een loodmeting, waarmee een eventuele scheefstand van een (gevel)muur kan worden vastgesteld.

#### *Scheurwijdtemeting*

Een scheurwijdtemeting is het monitoren van de aanwezige scheuren op beweging met behulp van een scheurmeter. Een scheurmeter bestaat uit twee plaatjes die aan weerszijden van de scheur, over elkaar heen, bevestigd worden, zie figuur 3-1. De plaatjes kunnen onafhankelijk van elkaar bewegen. Het onderste plaatje is voorzien van een maatraster en het bovenste plaatje is voorzien van een kruis waardoor de beweging van de scheur op eenvoudige wijze te volgen is. Door frequente aflezing van de scheurmeter kan worden vastgesteld of de scheur in beweging is. Desgewenst kan dan tijdig worden ingegrepen. Voor nadere informatie over scheurwijdtemetingen zie bijlage A3.



*Figuur 3-1 Scheurmeter, boven analoog, onder digitaal.*

#### *Peilbuismeting*

Soms kan het bij funderingsherstel nodig zijn de grondwaterspiegel tijdelijk te verlagen. Dit gebeurt door water aan de bodem te onttrekken, ook wel bemaling genoemd. De ondergrond kan daardoor inklinken/zetten met als gevolg vervormingen in gebouwen die op deze ondergrond zijn gefundeerd.

Meting van de grondwaterstand gebeurt met peilbuizen. Een peilbuis is een verticaal in de grond aangebrachte

(plastic) buis met perforaties in het onderste deel. Door op gezette tijden een opnemer in de buis te laten zakken, wordt de grondwaterstand op dat moment gemeten. Ook kan in de peilbuis een digitale opnemer (datalogger) worden afgehangen die continu het grondwaterniveau registreert.

De peilbuismetingen moeten zo vroeg mogelijk, bij voorkeur ten minste een jaar voorafgaand aan de start van het funderingsherstel, worden aangevangen. Dit is nodig om een goed beeld te krijgen van de normale grondwaterstand en de normale fluctuaties daarin. Nog beter is het de fluctuatie van de grondwaterstand over een lange reeks van jaren te achterhalen. Hiervoor zijn bij gemeenten en TNO (DINO-loket) gegevens beschikbaar. Voor nadere informatie over peilbuismetingen zie bijlage A4.

## 3.5 Juridische en verzekerings-technische aspecten

### 3.5.1 Belangrijkste oorzaken funderingschade en wettelijk kader

Funderingsschade (en zettingsschade) kan van waterhuishoudkundige aard en/of van bouwkundige aard zijn. In de praktijk springen de volgende oorzaken in het oog (zie tabel 3-2):

1. bouwgebreken door ontwerp- en/of uitvoeringsfouten en/of ondeskundige verbouwingen;
2. grondwaterpeilbeheer/ontwatering van gronden;
3. gebrekkige riolering;
4. grondwateronttrekkingen;
5. oppervlaktewaterpeilbeheer;
6. natuurlijke oorzaken (droge en natte perioden).

In de regel is er van verschillende oorzaken naast elkaar sprake (juridisch wel *multi-causaliteit* genoemd), waarbij naast menselijke ingrepen ook sprake kan zijn van natuurlijke oorzaken. In de verderop nog te noemen jurisprudentie, blijkt dat het bepaald niet eenvoudig is voor bewoners en verhuurders een heldere relatie te leggen tussen het vermeende schadeveroorzakende feit en de schade aan de fundering. Juist voor aansprakelijkheidsstelling echter is het belangrijk de bewijslast wel rond te krijgen. Zie hiervoor verder 3.5.3.

Kijkend naar de verschillende, vaak naast elkaar voorkomende oorzaken valt op dat daarbij verschillende verantwoordelijkheden horen. Er is niet zoiets als één

verantwoordelijke partij voor het stedelijke grondwaterpeilbeheer. Naast de perceeleigenaar, die in eerste instantie zelf verantwoordelijk is voor de staat van zijn eigen perceel en bouwwerken, zijn het Rijkswaterstaat, de provincies, gemeenten en waterschappen die elk één of enkele knoppen bedienen.

*Aanpak funderingsprobleem: funderingstechnisch en/of waterhuishoudkundig*

Funderingsproblemen zullen hetzij funderingstechnisch hetzij via waterhuishoudkundige maatregelen moeten worden aangepakt:

- *Funderingstechnische* maatregelen betreffen het herstel van bouwkundige gebreken zoals aangetaste (verrotte) funderingspalen of palen met onvoldoende draagkracht.
- *Waterhuishoudkundige* maatregelen betreffen het horizontaal of verticaal af- of aanvoeren van water (in het bijzonder het zorgen voor een betere ontwatering, afwatering en/of infiltratie). In dit verband moet ook worden gewezen op de rol van de waterhuishouding bij de inrichting van tuinen. Zo kan de aanleg van veel verharding infiltratiemogelijkheden belemmeren en onttrekken bepaalde bomen, struiken en planten veel water aan de ondergrond.

Het is, juist in verband met de hierachter schuilgaande verantwoordelijkheden, cruciaal onderscheid te maken tussen waterhuishoudkundige factoren enerzijds en funderingstechnische / bouwkundige factoren anderzijds. Niet zelden zullen beide in het geding zijn.

### 3.5.2 Funderingsherstel en belendende panden

Gegeven de constructie van de bouwkundige eenheid zal in de regel de medewerking van de burens nodig zijn om tot een gedegen hersteloperatie te komen. Door het verschil in zakkings tempo tussen een pand met een nieuwe fundering en een pand met een verzwakte fundering kan schade (zoals scheurvorming) ontstaan. In de regel is het dan ook raadzaam herstel in samenwerking met de eigenaren van de belendende panden te laten uitvoeren.

*Mandelige zaak*

Een scheidingsmuur (inclusief de hieronder staande fundering) tussen twee panden zal in de regel een zogenoemde mandelige zaak zijn, ofwel een muur in gemeenschappelijk eigendom van beide eigenaren (burens) (art. 5:62 Burgerlijk Wetboek [BW]). In verband met funde-

Tabel 3-2 Mogelijke oorzaken van schade.

Mogelijke oorzaak funderingsschade	Verantwoordelijkheid	Wettelijk kader	Instrumentarium
a. Bouwgebreken	Perceels-/gebouweigenaar	Burgerlijk Wetboek	Onderhoud en herstel
b. Grondwater-peilbeheer (ontwatering)	1) Perceels-/gebouweigenaar (eigen terrein)	Burgerlijk Wetboek	Onderhoud en herstel
	2) Gemeente (openbaar gebied)	Waterwet	Gemeentelijke grondwater-zorgplicht
c. Gebrekkige (draine-rende) riolering	Gemeente	1) Wet milieubeheer	1) Gemeentelijke riolerings-zorgplicht
		2) Burgerlijk Wetboek	2) onderhoud 'opstal'
d. Grondwater-onttrekking(en)	1) Onttrekker grondwater	1) Waterwet *)	Watervergunning  <i>NB: kleine onttrekkingen kunnen op grond van verordeningen van provincie en waterschap meldingplichtig zijn</i>
	2) Provincie, bevoegd gezag voor: bodemenergie: <ul style="list-style-type: none"> <li>• industriële onttrekkingen &gt; 150.000 m<sup>3</sup> p/jaar;</li> <li>• openbare drinkwater-winningen.</li> </ul>	2) Waterwet en water-verordening	
	3) Waterschap: bevoegd gezag voor overige onttrekkingen	3) Waterwet en verordening (keur)	
e. Oppervlakte-waterpeil-beheer	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Waterbeheerder rijkswateren: minister I&amp;M/Rijkswaterstaat;</li> <li>• overige wateren: waterschap.</li> </ul>	Waterwet	Peilbesluit of streefpeil in water-beheerplan van Rijkswaterstaat of waterschap.
f. Natuurlijke oorzaken (droge en natte perioden)	n.v.t.	Waterwet (art. 2.9, lid 2) en provinciale verordening	**)

\*) Op 22 december 2009 is de Waterwet in werking getreden. Een achttal wetten is samengevoegd tot één wet, de Waterwet. De Waterwet regelt het beheer van oppervlaktewater en grondwater, en verbetert ook de samenhang tussen waterbeleid en ruimtelijke ordening. Daarnaast levert de Waterwet een flinke bijdrage aan kabinetsdoelstellingen zoals vermindering van regels, vergunningstelsels en administratieve lasten.

\*\*) De 'verdringingsreeks' bij watertekorten ziet nu nog enkel op de verdeling van het beschikbare oppervlaktewater. Provincies hebben de mogelijkheid de reeks ook van toepassing te verklaren op grondwatertekorten (volgens art. 2.9, lid 2 Waterwet), maar hieraan is op dit moment (eind 2011) nog geen invulling gegeven.

ringsonderzoek en -herstel bepaalt het BW dat mandelige zaken, zoals bijvoorbeeld gemeenschappelijke funderingspalen, op kosten van alle mede-eigenaren moeten worden onderhouden en, indien nodig, vernieuwd (art. 5:65 BW). Maar dit kan niet zomaar gebeuren, er is toestemming vereist van de buurman-eigenaar (art. 3:170 BW).

Als herstel noodzakelijk is, is de mede-eigenaar verplicht bij te dragen in de kosten van herstel (zoals van de gemeenschappelijk funderingspalen en de funderingsmuur). Conclusie: voor zover de mandelige funderingsmuur onderhoud of vernieuwing behoeft, hebben de

mede-eigenaars geen andere keuze dan dit te doen uitvoeren. De Rechtbank Amsterdam oordeelde hierbij zelfs dat de kosten van noodzakelijk onderhoud aan een mandelige muur voor rekening van alle eigenaren komen, ook als niet de benodigde toestemming van de mede-eigenaars is verkregen.<sup>1</sup> Maar het spreekt voor zich, overeenkomstig goed nabuurschap, dat eerst getracht moet worden de toestemming wel te krijgen en gezamenlijk op te trekken. In dit geval was uit onderzoek komen vast te staan dat herstel binnen 5 jaar zou moeten plaatsvinden en dat vond de rechter een dusdanig beperkte termijn dat van 'noodzakelijkheid' gesproken kon worden.

1 Rechtbank Amsterdam, 8 december 2010, LJN: BP5506.

Over de noodzakelijkheidsvraag heeft de rechter zich al verschillende malen uitgelaten.<sup>2</sup> Volgens de Rechtbank Amsterdam is herstel (volgens art. 5:65 BW) noodzakelijk als “te voorzien is dat uitstel van herstel kan leiden tot instorten of dat de toestand zo onrustbarend is geworden dat ingrijpen niet langer mag worden uitgesteld, maar ook indien de werkzaamheden tot herstel of vernieuwing op niet al te lange termijn onvermijdelijk zijn en strekken tot behoud van de betrokken panden, daaronder begrepen - door tijdig ingrijpen - voorkomen van verval, schade of (door verwaarlozing veroorzaakte) kostbare reparaties”.<sup>3</sup>

Juridisch zijn er derhalve mogelijkheden de medewerking van de belendende eigenaren te vorderen, maar het is duidelijk dat deze mogelijkheid nog niet zonder meer tot een voor de praktijk bevredigende oplossing leidt. Allereerst is het maar de vraag of de buurman voldoende middelen (geld) heeft om daadwerkelijk mee te betalen. In de tweede plaats is het de vraag of partieel herstel wel wenselijk is. Als het bij herstel van de gemeenschappelijke fundering blijft, is scheurvorming nog altijd mogelijk. Het paradoxale effect hiervan kan zijn dat de welwillende initiatiefnemer op een later moment aansprakelijk wordt gehouden voor het schadeherstel bij de (aanvankelijk onwillende of insolvable) buurman!

In zekere zin geldt bovenstaande ook als er een vereniging van huiseigenaren is, zij het dat dan een meerderheid van de eigenaren (wanneer van een voldoende meerderheid sprake is, kan van geval tot geval verschillen) kan beslissen dat er herstelwerkzaamheden gaan plaatsvinden. Onwillenden kunnen dan langs die weg worden ‘gedwongen’ mee te werken.

Voorafgaand aan herstel- of vervangingswerkzaamheden is het allereerst van belang dat de opdrachtgever de burens (in het blok) informeert over zijn plannen de funderingsproblemen te (laten) verhelpen. De feitelijke werkzaamheden dienen zeer zorgvuldig te worden uitgevoerd. Dit betekent in ieder geval ook dat de opdrachtgever (en in zijn of haar opdracht de aannemer) op voorhand aangeeft hoe gewerkt zal worden en op welke wijze getracht wordt eventuele schade bij burens te voorkomen. Mocht er desalniettemin toch schade bij de burens ontstaan (denk aan

scheurvorming in muren), dan zal deze in principe door de opdrachtgever moeten worden hersteld. Omdat de opdrachtgever deze financiële gevolgen mogelijk niet kan dragen kan hij daarvoor een CAR-verzekering afsluiten.

### 3.5.3 Mogelijkheden verhalen schade

Voor perceels-/gebouweigenaren kan de vraag relevant zijn of de funderingsschade te verhalen is. Verhaal kan soms worden gehaald bij een verzekeraar (zie 3.5.4), maar in deze paragraaf worden achtereenvolgens de bestuurs- en privaatrechtelijke mogelijkheden geschetst, hierbij steeds aansluitend bij de mogelijke oorzaak van de schade.

#### *Bestuursrechtelijke aansprakelijkheidsstelling*

Een bestuursrechtelijke aansprakelijkheidsstelling kan vrijwel alleen geschieden in het kader van de Waterwet. Deze wet voorziet in hoofdstuk 7 (art. 7.14 e.v.) in een eigen schadevergoedingsregeling. Een gedupeerde kan op grond van art. 7.14 Waterwet een verzoek om schadevergoeding indienen bij het betrokken bestuursorgaan. De schade kan het gevolg van zijn van zowel besluiten (zoals het verlenen van vergunningen of het vaststellen van een peilbesluit) als feitelijke handelingen. Uit artikel 7.14 volgt een aantal criteria waaraan voldaan moet zijn, voordat schadevergoeding wordt toegekend:

- er moet sprake zijn van rechtmatige uitoefening van een taak of bevoegdheid in het kader van het waterbeheer;
- de schade moet het gevolg van deze uitoefening van een taak of bevoegdheid zijn;
- de schade behoort niet of niet geheel tot de lasten van de gedupeerde te blijven;
- de vergoeding van schade wordt niet (voldoende) op andere wijze verzekerd.

Voor een nadere toelichting zie bijlage E1.

#### *Privaatrechtelijke aansprakelijkheidsstelling*

Bij een privaatrechtelijke aansprakelijkheidsstelling kan een mogelijke veroorzaker een onrechtmatige daad (OD) worden verweten. De te nemen stappen zijn geregeld in het Burgerlijk Wetboek. Als iemand tegenover een ander een OD pleegt die hem is toe te rekenen, is hij verplicht de daaruit volgende schade van de ander te vergoeden

<sup>2</sup> Bijvoorbeeld: Hof Amsterdam, 6 september 2007, LJN: BC0310, Rechtbank Amsterdam, 3 oktober 2007, LJN: BB6624 en Rechtbank Amsterdam, 7 maart 2007, LJN: BA4525.

<sup>3</sup> Rechtbank Amsterdam, 3 oktober 2007, LJN: BB6624.

(art. 6:162 BW). In principe kan elk der partijen geconfronteerd worden met een OD-claim, zij het dat deze weg in beginsel niet openstaat als er een specifiek bestuursrechtelijke mogelijkheid is. Voor een nadere toelichting zie bijlage E2.

### 3.5.4 Verzekerbaarheid van de risico's bij funderingsherstel

In het geval van funderingsherstel worden over het algemeen ingrijpende constructieve werkzaamheden verricht aan veelal oudere gebouwen. De fundering van deze gebouwen heeft in de loop der tijd zijn dragende functie geheel of gedeeltelijk verloren. Ook komt het voor dat de funderingconstructie nooit goed is geweest en in andere gevallen ligt de oorzaak in de aantasting van de materialen waaruit de fundering is opgebouwd. Funderingsherstel kan op diverse manieren worden uitgevoerd, zowel inpandig als aan de buitenzijde van een gebouw, zie 3.7. Bij het uitvoeren van bouwactiviteiten en ook bij funderingsherstel kan schade ontstaan door verschillende oorzaken. Er kan sprake zijn van zowel materiële als niet-materiële schade en soms ook van letsel. Om de financiële gevolgen voor de betrokken partijen in geval van schade zoveel mogelijk te beperken is het mogelijk om één of meerdere verzekering(en) af te sluiten. Waarbij opgemerkt dient te worden dat niet alle risico's verzekeraar zijn.

#### Partijen

Bij funderingsherstel zijn over het algemeen de volgende partijen betrokken:

- opdrachtgever, als eigenaar van het pand;
- gemeente, als vergunningsverstrekker, meestal vertegenwoordigd door de afdeling Bouw- en Woningtoezicht;
- architect;
- constructeur(s);
- adviseur(s);
- aannemer;
- onderaannemer(s);
- omwonenden, aangeduid als derden.

#### Verzekeringen bestaande situatie

In de bestaande situatie, is vaak al sprake van één of meerdere schadeverzekeringen, zoals een opstalverzekering en voor de inhoud een inboedel- of inventarisverzekering, en soms ook van een verzekering tegen aansprakelijkheid. Deze verzekeringen zijn afgesloten op naam van de eigenaar of huurder.

#### » Opstalverzekering

Geeft dekking voor het onroerend goed en wordt afgesloten door en op naam van de eigenaar. Er zijn diverse dekkingsvormen, variërend van uitsluitend een brandverzekering tot de uitgebreide gevaren verzekering. Deze laatste geeft dekking voor vrijwel alle van buiten komende onheilen, zoals schade die het gevolg is van brand, ontploffing, blikseminslag, vallende vliegtuigen, storm, neerslag, water, aanrijding, aanvaring, braak, diefstal en dergelijke. In de polis kan staan dat de fundering is meeverzekerd. Funderingsschade door schimmelaantasting, bacteriële aantasting, negatieve kleef of overbelasting is echter geen schade in de zin van de polis.

#### » Inboedel- of inventarisverzekering

Geeft dekking voor de roerende zaken en wordt afgesloten door en op naam van de bewoner of gebruiker van het gebouw. Dit kan de eigenaar zijn, maar ook de huurder van het onroerend goed. Ook hier zijn diverse dekkingsvarianten mogelijk, zoals omschreven bij de opstalverzekering.

#### » Aansprakelijkheidsverzekering

Geeft dekking voor aansprakelijkheid jegens derden en wordt afgesloten door de eigenaar en/of huurder/gebruiker van het onroerend goed. Dit kan zowel particulier als bedrijfsmatig zijn. Voor particulieren is er de *Aansprakelijkheidsverzekering Particulieren* (AVP). Deze verzekering biedt dekking voor schade aan derden, veroorzaakt door de verzekeringnemer in zijn hoedanigheid als particulier, inclusief gezinsleden en huisdieren.

Voor bedrijven is er de *Aansprakelijkheidsverzekering Bedrijven* (AVB). Deze verzekering biedt onder andere dekking voor schade aan derden, veroorzaakt door de verzekeringnemer in zijn hoedanigheid als omschreven in de polis, inclusief het in dienst zijnde personeel. Bovengenoemde verzekeringen bieden geen dekking voor schade die het gevolg is van de uit te voeren bouwkundige werkzaamheden, zoals funderingsherstel. Soms kan er sprake zijn van een beperkte dekking voor schade aan het pand zelf of aan de eigendommen van derden. De dekking zal echter in alle gevallen onvoldoende en onvolledig zijn.

#### CAR (Constructie All Risks) verzekering

Om toch een uitgebreide dekking in geval van schade aan en als gevolg van een bouwproject te kunnen bieden, bestaat de zogenoemde CAR (Constructie All Risks)

verzekering. Deze verzekering wordt afgesloten voor de aanvang van het bouwproject. Ook in geval van funderingsherstel kan een CAR verzekering worden afgesloten. Deze verzekering wordt op naam gesteld van de (hoofd) aannemer die het werk heeft aangenomen en onder wiens verantwoordelijkheid het werk wordt uitgevoerd of op naam van opdrachtgever/eigenaar van het pand (dit kan ook een particulier zijn).

De CAR verzekering kan worden afgesloten voor één specifiek bouwproject, dit is een zogenaamde aflopende CAR verzekering. Voor aannemers of opdrachtgevers, zoals woningbouwverenigingen, bestaat er ook een doorlopende CAR verzekering op omzetbasis, die dekking biedt voor (vrijwel) alle bouwprojecten die op jaarbasis worden uitgevoerd. In het eerste geval wordt de premie berekend over de projectsom en het tweede geval over de jaarlijks op te geven gerealiseerde omzet. De premie is afhankelijk van het risico en de rubrieken die op de CAR polis verzekerd zijn.

Onder de CAR verzekering zijn alle bij de bouw betrokken partijen meeverzekerd. Dit voorkomt discussies over de schuldvraag. De CAR verzekering is een zogeheten rubrieken verzekering, zie bijlage E3.

#### *Overige verzekeringen*

Naast de CAR verzekering kan soms ook een beroep gedaan worden op andere verzekeringen die door de bij de bouw betrokken partijen zijn afgesloten. Het kan dan gaan om een AVB-, WM- ( *werkmaterieel* ) of verplichte WAM- ( *Wet Aansprakelijkheidsverzekering Motorvoertuigen* ) verzekering van de (hoofd)aannemer en onderaannemer(s) of de beroepsaansprakelijkheidsverzekering(en) van de architect, constructeur(s) en adviseur(s). De dekking hiervan is vaak beperkt tot schade aan derden onder de AVB- en WM-verzekering of is gemaximeerd tot de in rekening gebrachte honoraria bij de beroepsaansprakelijkheidsverzekering.

#### *Slotopmerkingen*

Bij funderingsherstel is sprake van een situatie voor en na het herstel. Het opnieuw gefundeerde pand zal zich nog gaan "zetten" op de nieuwe fundering. Dit zettingsproces kan schade veroorzaken aan het pand waarvan de fundering hersteld is, maar ook bij de belendingen. Het principe van een schadeverzekering is het "onzekere voorval", wat betekent dat voor dit soort "voorzien" schade geen dekking is. Als een polis dekking biedt voor funderingsherstel, sluiten CAR verzekeraars schade als gevolg van dit proces nadrukkelijk uit. Bij aaneen

gebouwde panden, die als een bouwkundige eenheid gezien kunnen worden, speelt ook de mandeligheid (bezit gemeenschappelijke bouwmuur) een belangrijke rol. Bij funderingsherstel van een individueel pand in een dergelijke bouwkundige eenheid, kunnen er behoorlijke problemen ontstaan, zie hoofdstuk 2. Bij ongelijkmatigheid van panden is het in het kader van mandeligheid gebruikelijk voor de verdeling van de kosten uit te gaan van het aantal vierkante meters woonoppervlak.

Daarnaast stellen verzekeraars ook bepaalde voorwaarden, die als clausules met beperkingen of uitsluitingen in de (CAR) polis worden opgenomen. Het kan dan gaan om het trillingsarm of trillingsvrij inbrengen van de nieuwe funderingspalen en/of damwanden, het toepassen van retourbemaling en dergelijke. Ook het laten maken van vooropname rapporten, het opstellen van een plan tot monitoren en het uitvoeren daarvan kan tot de voorwaarden behoren. Voorbeelden van monitoren zijn onder andere trillings-, hoogte-, deformatie-, scheurwijdte- en peilbuismetingen. De verschillende mogelijkheden om vooropnamen te maken en te monitoren zijn gegeven in 3.4.2 en 3.4.3.

Tot slot zijn op de verschillende verzekeringen eigen risico's van toepassing. Op CAR polissen die dekking bieden voor funderingsherstel zijn dit soms behoorlijke bedragen. De eigen risico's zijn per verzekerde rubriek van toepassing. Bij schade aan de bestaande bebouwing, verzekerd onder Rubriek II of Rubriek III, kan ook een eigen risico per pand of huisnummer zijn opgenomen. Het is daarom van belang dat deze eigen risico's voor rekening komen van de partij die verantwoordelijk gesteld kan worden voor de ontstane schade. Voor (particuliere) eigenaren/opdrachtgevers, die zelf een CAR verzekering afsluiten, is het van belang dat dit contractueel wordt vastgelegd.

### **3.5.5 Communicatie over mogelijke funderingschade**

Bij de verkoop van een bestaande woning is de verkoper verplicht al die informatie te verstrekken die bekend is omtrent de staat van de woning. Op eventuele (verborgen) gebreken moet worden gewezen. Op zijn beurt is de potentiële koper gehouden te vragen naar dergelijke gebreken. Tegenover de mededelings- of informatieplicht van de verkoper staat de onderzoeksplicht van de koper. Per geval zal – aan de hand van tal van omstandigheden – bekeken moeten worden wat prevaleert: de

mededelingsplicht van de verkoper of de onderzoeksplicht van de koper. Hier wordt gewezen op artikel 7:17 lid 2 BW, aan de hand waarvan een rijke jurisprudentie is ontstaan. Zo bepaalde de Hoge Raad dat de contractuele bepaling dat de verkoper niet bekend is met verborgen gebreken, niet zonder meer afbreuk kan doen aan kopersverwachting over het normale gebruik.<sup>4</sup> De verschoonbare onwetendheid van de verkoper kan in een dergelijk geval relevant zijn voor de vraag of de schade die de koper als gevolg van de non-conformiteit aan de verkoper kan worden toegerekend.<sup>5</sup>

Als een koper na de koop merkt dat de onroerende zaak niet beantwoordt aan hetgeen hij met de verkoper was overeengekomen, hangen zijn mogelijkheden om zijn recht te halen onder andere af van de afspraken die hij heeft gemaakt met de verkoper. Als de verkoper zijn verplichtingen niet nakomt of een verkeerde voorstelling van zaken heeft gegeven, heeft de koper twee gronden om juridische stappen te ondernemen tegen de verkoper: op basis van wanprestatie (artikelen 7:17 en 7:20 BW) of op basis van dwaling (6:228 BW). Op grond van de bepalingen uit het BW moet de verkoper de verkochte zaak leveren met de eigenschappen die een koper van het gekochte normaliter mag verwachten. Dit geldt ook als er in het koopcontract geen uitdrukkelijke garantie wordt gegeven. Wanneer dit niet gebeurt, komt de verkoper zijn afspraken niet na, en kan sprake zijn van een wanprestatie. Als in het koopcontract staat dat de fundering goed is en dit blijkt later niet zo te zijn, kan ook sprake zijn van een wanprestatie. Wat verwacht mag worden, hangt overigens ook af van de overige omstandigheden van het geval en de gemaakte afspraken. Van dwaling (art. 6:228 BW) is sprake als de koper bij de koop een onjuiste voorstelling van zaken had en de verkoper dit veroorzaakt heeft door het geven van onjuiste of onvolledig informatie. De koper moet wel aannemelijk maken dat hij de woning niet zou hebben gekocht als hij van de schade- of overlastveroorzakende factor(-en) had geweten. Voor de verkoper moet het duidelijk zijn geweest dat een gezonde waterhuishoudkundige situatie en/of een geheel waterdicht bouwwerk voorwaarden waren om tot koop over te gaan. Een koper heeft hierbij ook zelf de plicht om dwaling te voorkomen, hij zal zelf voldoende informatie moeten

inwinnen. Als een koper hierin tekort schiet, kan hij waarschijnlijk niet met succes een beroep doen op dwaling.<sup>6</sup>

Het is dus verstandig om in het koopcontract duidelijke afspraken te maken over de waterhuishoudkundige en bouwkundige situatie. De koper zal de garantie willen hebben dat één en ander in orde is, terwijl de verkoper in de regel juist uitsluiting van zijn aansprakelijkheid in de overeenkomst zal willen opnemen. Volledige uitsluitingen of garanties zullen in de praktijk niet gegeven kunnen worden omdat risico's nu eenmaal niet volledig zijn uit te sluiten. Een verkoper die de aansprakelijkheid bij de koper willen leggen, kan een uitsluitingsbeding in het contract opnemen. Een voorbeeld van een uitdrukkelijke uitsluiting is: 'De verkoper sluit iedere aansprakelijkheid uit van eventuele schade als gevolg van een lage grondwaterstand en de koper vrijwaart de verkoper voor aanspraken van derden.' In dit geval ligt het risico bij de koper, en deze heeft in dit geval vrijwel geen rechten meer wanneer later blijkt dat er toch funderingsschade optreedt. Nu is het echter niet zo dat dergelijke uitsluitingsclausules het helemaal onmogelijk maken de verkoper aansprakelijk te stellen. Bij conflicten spelen namelijk de voorkennis over (mogelijke) problemen ten tijde van de verkoop en de deskundigheid van de verkoper ook een belangrijke rol.

Welke mate van (dreigende) schade of hinder wordt aanvaard, zal in de onderhandelingen tussen koper en verkoper dienen te worden besproken. In de regel zal (een dreigende vorm van) schade niet snel worden geaccepteerd, of heeft dit een nadrukkelijk effect op de prijs van de woning. Waar het om gaat is dat de koper van een woning zich bewust wordt van mogelijk aanwezige of zelfs dreigende schade en om die reden zelf de informatie in handen krijgt (hetzij uit eigener beweging, hetzij met behulp van een ter zake deskundige makelaar) op basis waarvan hij tot een goede beslissing kan komen. Die beslissing kan bijvoorbeeld bestaan uit het niet kopen van de woning, het bedingen van een lagere verkoopprijs, het bedingen van herstelwerkzaamheden door de verkoper of het, voorafgaand aan een eventuele koop, eerst (laten) doen van onderzoek naar bijvoorbeeld de bestemmingsplansituatie, de staat van de riolering, het grondwateronttrekkingenbeleid van de provincie en de lokale/regionale

4 HR 28 januari 2002, NJ 2002, 575.

5 Zie hierover ook HR 9 januari 1998, NJ 1998, 272.

6 Bij koop van onroerende zaken verwijzen wij bijvoorbeeld naar een arrest van de Hoge Raad: HR 18 april 1986, NJ 1986, 747. In deze casus ging het om het bestaan van een onderzoeksplicht voor wat betreft de gelding van een bestemmingsplan.

industrie, de aanwezigheid en/of de kwaliteit van drainage (ontwatering), de bouwkundige staat van de woning en de fundering, e.d. Gezien de noodzakelijke kennis van zowel een te (ver-)kopen woning als de omgevingsfactoren, zullen het in de praktijk de makelaars zijn die hun klanten moeten wijzen op de mogelijke risico's van de lokale waterhuishouding en/of aanstaande ontwikkelingen die hierop van invloed kunnen zijn.

De grondwaterzorgplicht (zie ook bijlage E1) begint bij de perceels-/gebouweigenaar. Deze is in beginsel zelf verantwoordelijk voor de staat van het perceel en de opstallen alsook voor de grond- en hemelwaterhuishouding. Nu wenst niemand een huis te kopen met (gevolgen van) funderingsproblemen dan wel grondwaterproblemen die mede tot funderingsproblemen kunnen leiden. Communicatie over de plaatselijke (grond)waterhuishouding, bijvoorbeeld bij het kopen van een huis, komt echter nauwelijks voor. De staat van de fundering is zeker ook niet altijd even goed bekend. Om de bewustwording bij (kopende en verkopende) partijen te vergroten, is het verstandig in koopcontracten een 'waterparagraaf' of een funderingsparagraaf (zie [www.kcaf.nl](http://www.kcaf.nl)) op te nemen, min of meer analoog aan de standaardpraktijk van een bodemparagraaf ('schone-grondverklaring') of asbestparagraaf zoals deze wel te vinden zijn in contracten.<sup>7</sup> Veruit de meeste koopcontracten kennen geen waterparagraaf.<sup>8</sup>

## 3.6 Bodemonderzoek - geotechnisch en milieukundig

### 3.6.1 Geotechnisch

Het geotechnisch onderzoek kan bestaan uit:

- uitvoeren van sonderingen (bepaling conusweerstand en wrijvingsgetal);
- uitvoeren van boringen en eventueel laboratoriumonderzoek;
- plaatsen en waarnemen van peilbuizen.

Voor de benodigde omvang van het geotechnisch onderzoek kan een geotechnisch adviesbureau worden ingeschakeld. Naast daadwerkelijk onderzoek op de bouwplaats is het zinvol zoveel mogelijk historische

informatie over de ondergrond en het grondgebruik te verzamelen.

Sonderingen zijn noodzakelijk voor de ontwerpberekening van de fundering en moeten daarom representatief zijn voor de bodemopbouw van het betreffende project. Met sonderen wordt de bodemgesteldheid wat betreft draagkracht en samenstelling in kaart gebracht. Deze is bepalend voor de funderingswijze, namelijk een fundering op staal of een fundering op palen, inclusief de afmetingen van de fundering. Het benodigde aantal sonderingen is in de geotechnische norm NEN 9997-1 vastgelegd.

In aanvulling op sonderingen kunnen boringen nodig zijn. De boorstaat geeft een gedetailleerd beeld van de bodemopbouw. Ook kunnen bij het boren monsters van bepaalde grondlagen worden genomen. Vooral indien bij het funderingsherstel bodeminjectie (bodemstabilisatie) is voorzien, kan het nodig zijn in het laboratorium de korrel-samenstelling (zoals korrelverdeling en humusgehalte) van de grond te bepalen.

Met peilbuizen wordt de grondwaterstand gemeten, zie 3.4.3 en bijlage A4. Het niveau van de grondwaterspiegel speelt een rol bij:

- de ontwerpberekening van de fundering, zowel bij een fundering op staal als bij een paalfundering;
- een houten paalfunderingen in verband met het risico op paalrot;
- een bouwput.

Als een tijdelijke verlaging van de grondwaterspiegel nodig is, moet ten behoeve van de lozingsvergunning de samenstelling van het grondwater worden vastgesteld. Hiervoor worden watermonsters uit de peilbuizen in het laboratorium geanalyseerd.

### 3.6.2 Milieukundig

Zodra in de grond werkzaamheden worden uitgevoerd, is ten behoeve van de omgevingsvergunning milieukundig onderzoek conform de geldende regelgeving vereist naar eventuele bodemverontreiniging. Er zijn uitzonderingen, zoals bijvoorbeeld wanneer de bodem niet verdacht is in verband met verontreinigingen of wanneer er maar heel weinig grondverzet (< 25 m<sup>3</sup>) zal plaatsvinden. Dit dient echter altijd vastgesteld te worden door middel van een historisch onderzoek. Bodemverontreiniging kan diverse

<sup>7</sup> De inhoud van deze paragraaf is vooral ontleend aan: P. de Putter en M. Van Rijswijk, 'Naar een waterparagraaf in koopcontracten', Gemeentestem 2005, 7237, pp. 533-543.

<sup>8</sup> Ingegeven door de houten paalrot in de gemeente Dordrecht wordt door sommigen een funderingsclausule opgenomen.



oorzaken hebben, zoals restanten van kolen, kolen-as, asbest, oud bouwafval en (lekkende) olietanks. Milieukundig bodemonderzoek bestaat uit het nemen van grond- en grondwatermonsters en het bepalen van de chemische samenstelling van deze monsters.

Bij vervuilde grond gelden aanvullende eisen en moet rekening worden gehouden met extra kosten onder andere voor afvoer en storten, zie ondermeer CROW-publicatie 132 [14]. Onderzoek en advies door een deskundige is dan noodzakelijk. Een lijst van erkende adviesbureaus (SIKB 2000 gecertificeerd) is te vinden op de website van Agentschap NL en naar [www.bodemloket.nl](http://www.bodemloket.nl). Op veel plaatsen in Nederland is al bodemonderzoek uitgevoerd. Op de website van de afzonderlijke provincies (<http://www.ipo.nl>) kunnen onderzoeken worden opgevraagd. De vier grote steden (<http://www.grotevier.nl>) hebben een eigen website waar bodeminformatie te vinden is.

### 3.7 Herstelmethode

In de hoofdstukken 5 en 6 komen de verschillende methoden van funderingsherstel en funderingsvernieuwing van panden uitgebreid aan de orde. Ontwerp en berekeningen daarvan komen aan de orde in hoofdstuk 4. Voor houten paalfunderingen is soms een preventieve maatregel mogelijk om aantasting te voorkomen, namelijk door het opzetten van de grondwaterstand. Deze methode is beschreven in hoofdstuk 7.

Alvorens over te gaan tot een keuze tussen de verschillende systemen moeten onderstaande vragen beantwoord zijn op:

1. Is het nodig de beganegrondvloer te verwijderen en zo ja, is dat toegestaan?
2. Wat is de hoogte van de kruipruimte (of eventueel het souterrain)?
3. Wat is het peil van de onderkant fundering / bovenkant palen?
4. Is vervuilde grond aanwezig?
5. Is een nieuwe kelder onder het gehele pand gewenst?
6. Hebben de eigenaren binnen de bouwkundige eenheid verschillende wensen?

Na beantwoording van bovenstaande vragen kan een PvE voor een herstelplan worden opgesteld.

## 3.8 Begeleiding en directie

### 3.8.1 Procesbegeleiding

Een eigenaar is veelal niet in staat het hele proces van funderingsherstel te doorgronden, te beoordelen en te regelen. Het is aan te bevelen dat zo'n eigenaar deskundige begeleiding inhuurt voor de voorbereiding en de uitvoering. Wanneer meerdere eigenaren samen aan de slag moeten, wordt het proces nog ingewikkelder. Zeker bij de aanpak van een bouwkundige eenheid met meerdere panden van verschillende eigenaren is een goede begeleiding vereist. Van belang is dat deze begeleiding alle aspecten van het proces omvat. Naast de technische aspecten is aandacht nodig voor de financiële, organisatorische en sociale aspecten van het voorbereidings- en uitvoeringstraject in al zijn facetten, zie het stappenplan (3.2).

Deze begeleiding kan verzorgd worden door een procesbegeleidingsbureau. Als geen procesbegeleidingsbureau wordt ingeschakeld, zal de individuele eigenaar al deze punten zelfstandig moeten nalopen en afhandelen, met alle risico's van dien.

### 3.8.2 Directie

Doorgaans beschikt een pandeigenaar over onvoldoende deskundigheid om de daadwerkelijke uitvoering van het funderingsherstel goed in de gaten te kunnen houden. De eigenaar loopt daardoor risico's, bijvoorbeeld ten aanzien van het meer- en minderwerk. Daarom is het aan te bevelen een aparte bouwbegeleiding of directie aan te stellen, zeker als sprake is van een project met meerdere panden. De bouwdirectie dient alle taken, genoemd in de stappen 3, 4 en 5 van het stappenplan (3.2) uit te voeren. De bouwvergaderingen van de bouwdirectie kunnen bestaan uit:

- vergaderingen waarbij iedere eigenaar / opdrachtgever aanwezig is;
- vergaderingen waarbij een werkgroep namens de eigenaren aanwezig is.

Een werkgroep komt vooral voor bij een groot project en zal veelal in het voorbereidingstraject van het procesbureau ook al aanwezig zijn.

Voor het toezicht op het werk zal de directievoerder in de meeste gevallen een toezichthouder aanstellen. Ook tijdens zijn bezoeken aan de bouw oefent de directievoerder toezicht uit. Daarnaast heeft de gemeente een controlerende taak, bijvoorbeeld ten aanzien van de wapening van de betonconstructie.

### 3.9 Soorten opdrachtgevers

#### *Vereniging van eigenaren*

In bepaalde gevallen kan een vereniging van eigenaren (VvE) opdrachtgever zijn voor het funderingsherstel. Een VvE beheert een aantal (gestapelde) woningen op dezelfde fundering. Bij funderingsherstel gaat het echter om de bouwkundige eenheid. Soms zijn daar meerdere VvE's bij betrokken. Bij laagbouw is meestal geen VvE aanwezig.

De eigenaren dienen voor aanvang van het funderingsherstel onderstaande acties te ondernemen, eventueel met ondersteuning van het procesbureau of de bouwdirectie:

1. Indien nodig, activeren VvE.
2. In verslagen van vergaderingen van de VvE vastleggen dat met voldoende stemrecht tot funderingsherstel is besloten.
3. Eventuele wijzigingen ten gevolge van het funderingsherstel vastleggen in de splitsingsakte (toename volume, wijziging eigendom).
4. Controle opstalverzekering in verband met eventuele toename van het volume bij het aanbrengen van een kelder.
5. Voldoende geld reserveren voor funderingsherstel (eventueel betalen eigenaren hun deel rechtstreeks aan de partijen).

#### *Collectief particulier opdrachtgeverschap*

Funderingsherstel is vaak bij meerdere panden van een bouwkundige eenheid nodig, zie 2.2. In dat geval zijn meerdere eigenaren betrokken. Een procesbegeleidingsbureau kan in dat geval de betreffende eigenaren ondersteunen met het opstarten van het project. Vaak is meerdere malen overleg met de betreffende eigenaren nodig om ervaringen uit te wisselen en het gewenste funderingsherstel te bespreken. Hierbij is het zinvol een medewerker van de gemeente en/of een deskundige uit te nodigen om iets te vertellen over funderingsproblematiek. Er bestaan ook specifieke belangenverenigingen die zich bezig houden met funderingsherstel.

Uiteindelijk dienen de betreffende eigenaren een intentieovereenkomst naar elkaar op te stellen, waarin afspraken over opdrachten en kosten worden gemaakt. De in stap 1 (zie 3.2) genoemde aandachtspunten zijn ook nu van toepassing.

#### *Individuele eigenaar als opdrachtgever*

Als uit het funderingsonderzoek (zie 2.1) is gebleken dat

slechts bij 1 pand funderingsherstel nodig is, zal de individuele eigenaar als opdrachtgever kunnen optreden.

### 3.10 Voorbereiden eigenaren - organisatie en communicatie

De primaire partijen bij funderingsherstel zijn:

- de eigenaren, als formele opdrachtgever;
- het procesbegeleidingsbureau;
- de gemeente, als technisch toetsende en vergunningverlenende instantie. Er zijn gemeenten die bovendien faciliteiten bieden, zoals subsidie, leningsmogelijkheden en vergoeding procesbegeleiding;
- de financierende instantie / bank;
- de belangenvereniging, zoals de Stichting Platform Fundering Nederland.

Daarnaast zijn de uitvoerende partijen:

- constructeur (kan ook via aannemer);
- aannemersbedrijf funderingsherstel;
- directievoerder / bouwbegeleiding;
- aannemersbedrijf casco (zie 3.3).

De organisatie moet eenvoudig, helder, met korte lijnen en slagvaardig zijn. De in te schakelen partijen dienen voldoende ervaring met projecten elders te hebben opgedaan. Bij projecten met meer dan 4-5 panden wordt een planteam ingesteld bestaande uit: procesbegeleider, bouwkundige, vertegenwoordiging eigenaren (werkgroep) en eventueel gemeentelijke contactpersoon.

Met betrekking tot algemene zaken worden aparte infobulletins en nieuwsbrieven opgesteld en eveneens verspreid onder alle eigenaren. Tijdens de uitvoering wordt het planteam omgevormd tot een bouwteam onder voorzitterschap van de bouwdirectie. Ook van de bijeenkomsten van het bouwteam (de bouwvergaderingen) wordt verslag gemaakt en verspreid.

Voor de eigenaren zijn er bepaalde momenten waarop een beslissing en/of handtekening onder een bepaald contract vereist is. Deze beslismomenten zijn onderdeel voor het eerder vermelde stappenplan (3.2).

### 3.11 Algemene afspraken met de opdrachtgever - eigenaar

De eigenaren dienen vooraf goed te worden geïnformeerd over de uit te voeren werkzaamheden. Vooraf-

gaand aan de uitvoering dient de opdrachtgever/eigenaar zorg te dragen voor:

- een geotechnisch en milieukundig grondonderzoek dat voldoet aan de voor het gekozen systeem geldende eisen, inclusief aan de eventuele gemeentelijke eisen;
- beschikbaarheid van een terrein voor de opslag van materieel (vrachtwagen, menger) en materiaal - indien nodig een parkeeronthefing gedurende de werkzaamheden;
- de onbelemmerde toegang tot het pand vanaf de start en voor de duur van de werkzaamheden; goederen en andere objecten die de doorgang tot of de voortgang van het werk belemmeren moeten worden verplaatst of verwijderd;
- het tijdens de uitvoering van het werk beschikbaar zijn voor overleg, eventueel door middel van een vertegenwoordiger.

#### *Risico opdrachtgever - eigenaar*

De volgende zaken zijn voor risico van de opdrachtgever, tenzij hierover andere afspraken zijn gemaakt:

- een afwijkende bodemopbouw;
- niet-onderkende obstakels onder de grond (zoals leidingen en rioleringen);
- niet-onderkende bodemverontreiniging.

Obstakels in de bodem zoals restanten van funderingen, puin, en dergelijke vormen een belemmering voor een goede uitvoering van bijvoorbeeld een paalfundering of een bodeminjectie. Als obstakels vooraf bekend zijn, kan hiermee bij het opstellen van het werkplan rekening worden gehouden. Blijkt de aanwezigheid van obstakels tijdens of na de uitvoering dan is dit risico voor de eigenaar/opdrachtgever.

Verontreinigingen in de bodem komen soms plaatselijk voor. Dit hoeft niet altijd tijdens de voorbereiding naar voren te komen. Bodemverontreinigingen kunnen kostenverhogend werken bij ontgravingswerkzaamheden (zie 3.6.2) en kunnen de reactie van de injectiemiddelen beïnvloeden (zie 6.2 t/m 6.4).

### **3.12 Financieringsplan**

Per project en per eigenaar is een financieringsplan nodig omdat funderingsherstel gepaard gaat met hoge investeringen. Voor de meeste eigenaren is het moeilijk of zelfs onmogelijk dit uit eigen middelen te financieren: of de huidige waarde van het pand is te gering om een

bestaande hypotheek te verhogen of het inkomen is ontoereikend om de extra maandlast op te brengen. Daar komt bij dat sinds 2010 de regels van de bankinstellingen zijn verscherpt en het dus moeilijker is geworden om geld te lenen. Bovendien daalt de waarde van het pand aanzienlijk wanneer geconstateerd is dat de fundering slecht is en hersteld moet worden.

Een aantal gemeenten helpt eigenaren, hetzij door een subsidie te verstrekken hetzij door het aanbieden van een laagrentende lening, of door een combinatie van beide. Dan nog kan de financiering problematisch zijn omdat de waarde van het pand en/of het inkomen ontoereikend blijven. Soms is een zogenaamde vangnetregeling van toepassing: met garantiestelling door de betreffende gemeente is financiering dan wel mogelijk. Vooral bij strategische posities gebeurt dit soms want als een eigenaar niet mee kan doen, kan soms een hele bouwkundige eenheid niet opgeknapt worden.

Bij bloksgewijze aanpak is het belangrijk dat alle benodigde financieringen van alle eigenaren gelijktijdig opgestart en geregeld worden. Het is belangrijk om geen hypotheek af te sluiten voordat duidelijk is dat de rest van de eigenaren ook in staat is het funderingsherstel te financieren, dit om te voorkomen dat een van de partijen jarenlang aan de hypotheek betaalt terwijl funderingsherstel nog niet gerealiseerd kan worden. Na regeling van de financiering door alle eigenaren heeft de aannemer bij de start van de uitvoering de zekerheid dat de eigenaren hun verplichtingen kunnen nakomen. Bij de meeste financiers wordt gewerkt met een bouwdepot per pand. Elke rekening van de aannemer wordt na fiattering door de bouwdirectie en de eigenaar vanuit dit depot betaald.

#### *Zelfwerkzaamheid*

Om kosten te besparen kunnen eigenaren overgaan tot het zelf vooraf verwijderen van de vloerdelen, evenals het laten verzorgen van het herinbouwen. Dit vereist goede afspraken vooraf tussen eigenaar, bouwdirectie en aannemer qua planning en qua kosten (besparing). Uitgangspunt moet zijn dat de aannemer qua vloerdelen in zijn offerte/opdracht "alles" meeneemt, zowel slopen als terugbrengen (betonvloer). Per eigenaar worden hierover voor de start van de uitvoering (de warme opname) nadere afspraken gemaakt. Let op: in de praktijk valt zelfwerkzaamheid soms tegen, lukt het niet op tijd, gaat het te langzaam of niet goed genoeg. Bij het slopen van vloeren en afvoeren van grond (indien nodig) kan sprake zijn van asbesthoudende materialen en verontreinigde

grond. Asbest zit bijvoorbeeld in plaatmateriaal en in bepaalde vloerbedekking. Voor het verwijderen van asbest geldt een speciaal protocol.

#### *Kostensoorten*

Per pand en per eigenaar wordt tijdens de voorbereidingsfase een raming van de stichtingskosten opgesteld, ten behoeve van financiering- en eventuele subsidieaanvraag. De totale kosten voor funderingsherstel kunnen bestaan uit:

- onderzoekskosten fundering;
- kosten grondonderzoek (technisch met behulp van sonderingen en milieukundig);
- kosten casco onderzoek;
- kosten nulmetingen;
- plankosten: opmeten en uittekenen van de panden inclusief bouwaanvraag;
- kosten constructeur;
- legeskosten;
- precariokosten en parkeerkosten bij gebruik openbaar gebied;
- eventuele herstelkosten bij schade aan openbaar gebied;
- kosten financiering (provisie);
- kosten notaris;
- bouwkosten funderingsaannemer;
- kosten afvoer en storten (vervuilde) grond;
- kosten omleggen/vernieuwen kabels en leidingen;
- verzekeringskosten;
- kosten herinbouw zaken;
- bouwkosten cascoaannemer (zoals herstelkosten van scheuren);
- kosten gebruik water / licht;
- kosten begeleidingsbureau;
- kosten bouwdirectie;
- kosten monitoring (meting van trillingen, deformaties, grondwaterstanden);
- kosten tijdelijke opslag huisraad;
- kosten tijdelijke huisvestingskosten;
- post onvoorzien.

N.B. Gedurende het proces is als kostenbesparing een tijdelijke verlaging van de OZB mogelijk.

### **3.13 Keuze aannemer(s)**

Het uitvoeren van funderingsherstel vereist specifiek materieel, vakkennis en ervaring. Diverse bedrijven hebben zich hierin gespecialiseerd. Daarbij beschikken

bepaalde bedrijven over bijzondere funderingsherstelmethoden en technieken. Het selecteren van een funderingsherstel aannemer kan op twee manieren, namelijk:

#### *1 - Aanbesteding op basis van een voorontwerp*

Dit wordt ook wel de traditionele aanbesteding genoemd en houdt in dat vooraf een uitgewerkt herstelplan wordt gemaakt en constructief wordt uitgewerkt met tekeningen en bestek en dat de benodigde vergunningen worden aangevraagd. Op basis van deze bescheiden wordt een aanbesteding gehouden. Om tot een optimale prijs-kwaliteit verhouding te komen moet de mogelijkheid worden opengelaten om alternatieven in te dienen. Gunning vindt plaats op basis van de laagste prijs. Eventueel ingediende alternatieven dienen separaat van de inschrijving te worden vergeleken, met in acht name van eventuele extra bijkomende kosten. Alternatieven kunnen voortkomen uit inzicht van de aannemer waardoor een gelijkwaardige oplossing kan worden gerealiseerd tegen geringere kosten. Wel dient vooraf door een (onafhankelijke) partij te worden beoordeeld of het alternatieve plan voldoet aan de gestelde eisen om meerkosten in een later stadium te voorkomen.

#### *2 - Aanbesteding op basis van een prestatiecontract*

Hierbij wordt eerst op basis van de bewonerswensen een PvE vastgesteld waaraan het herstelplan dient te voldoen (zie 3.2). Naast dit PvE moet een aantal basisgegevens voor de prijsvorming beschikbaar worden gesteld zoals tekeningen, casco opname, sonderingen en gewichtsberekening. Op basis van het PvE en de basisgegevens kunnen bij een vooraf geselecteerde groep van aannemers aanbiddingen worden opgevraagd. Gunning kan plaatsvinden op basis van laagste prijs of economisch meest voordelige inschrijving (EMVI). Bij gunning op basis van de EMVI worden naast de prijs ook de aspecten kwaliteit, planning, overlast, uitvoeringsrisico's en bijkomende kosten meegewogen.

Bij de (voor)selectie van de aannemers dient gelet te worden op ervaring met soortgelijke projecten, maar ook op financiële draagkracht, professionaliteit van de organisatie (zoals ISO/VCA certificering), inspraakgevoeligheid (zie kader) en technische creativiteit.

Uitvoering volgens het prestatiecontract vindt de laatste jaren steeds vaker plaats. Een goed voorbeeld hiervan is het Design & Construct contract. Het voordeel is dat door de inbreng van de kennis van de marktpartijen reeds in

een vroeg stadium een acceptabel en vaak goedkoper plan op tafel komt, waarbij de totaalkosten inzichtelijk zijn en de risico's voor een groot deel bij de aannemer zijn ondergebracht. Voor deze werkwijze is in een vroeg stadium een gedetailleerd PvE nodig om de totaalkosten voor gunning inzichtelijk te hebben en het meerwerk tot een minimum te beperken.

Op basis van het PvE en de beschikbaar gestelde gegevens (zoals tekeningen bestaande situatie, sonderingen, gewichtberekening) maken de diverse aannemers hun aanbieding, zie bijlage C voor een voorbeeld. Na selectie van de meest voordelige aannemer dient het voorlopige plan te worden goedgekeurd zodat dit door de aannemer in overleg met de constructeur verder kan worden uitgewerkt tot een definitief plan dat dient als basis voor de vergunningsaanvraag.

#### *Algemeen bouwbedrijf*

Funderingsherstel gaat vaak samen met het herstellen van cascochade en soms ook met algehele woningverbetering. In die gevallen kan er ook gekozen worden voor een algemeen bouwbedrijf, dat alles coördineert of in nauwe samenwerking met een funderingsaannemer werkt. Eerst wordt de fundering hersteld. Na zetting van de nieuwe fundering (zie 4.2.2) kan het cascoherstel plaatsvinden.

### 3.14 Benodigde vergunningen

#### **Omgevingsvergunning**

Voor een funderingsherstel is een omgevingsvergunning noodzakelijk. Het betreft onderhoud, maar aangezien de constructie wijzigt is een aanvraag omgevingsvergunning noodzakelijk, zie ook bijlage F. Volgens de huidige Wabo (Wet algemene bepalingen omgevingsrecht) neemt de procedure 8 weken in beslag voor panden zonder monumentenstatus of gemeentelijke panden en maximaal 26 weken voor Rijksmonumenten. Beide procedures kunnen 6 weken verdaagd worden. Benodigd zijn tekeningen, berekeningen, sonderingen en (eventueel) resultaten milieukundig grondonderzoek.

#### *Revisietekeningen*

In de praktijk wijkt het ontwerp behorend bij de definitieve uitvoering vaak af van het ontwerp ten tijde van de bouwaanvraag. De vergunninghouder (eigenaar of aannemer) moet zorgen voor revisietekeningen en deze bij de opdrachtgever en gemeente inleveren.

#### **Inspraakgevoeligheid**

Met *inspraakgevoeligheid* wordt bedoeld het goed kunnen overleggen met de betrokken bewoner (eigenaar en/of huurder) over zaken als:

- moet de vloer er echt wel uit, kan er niet een deel behouden blijven, door bijvoorbeeld een paal iets te verplaatsen;
- oog hebben voor individuele wensen voor behoud van woontechnische voorzieningen als keuken, trapopgang (wel of geen wisselwoning nodig?);
- oog hebben voor het goed doorspreken van de planning;
- het op een duidelijke wijze (voor leken) uitleggen van het uitvoeringsplan (met hulpmiddelen als goede illustraties, foto's van vergelijkbare werken);
- het kunnen luisteren naar de bewoners.

Het bepalen van de inspraakgevoeligheid gebeurt op basis van vroegere ervaringen met de betreffende aannemer. Belangrijk hierbij is het opvragen van referentieprojecten en de ervaringen van de betrokken bewoners achterhalen en nagaan of er klachten zijn bij de betreffende gemeente of bij de belangenvereniging. Ook het bij de betreffende aannemer opvragen hoe hij de communicatie en inspraak/overleg met de bewoners aanpakt, is hierbij zinvol.

#### **Monumentvergunning**

Funderingsherstel onder een monument valt onder de monumentenvergunning, als onderdeel van de omgevingsvergunning. Volgens de regelgeving is diverse keren een ter inzage legging noodzakelijk.

#### **Overige vergunningen**

Als voor de werkzaamheden een tijdelijke verlaging van de grondwaterspiegel (bronbemaling) nodig is, dient bij het waterschap / hoogheemraadschap een onttrekkingsvergunning te worden aangevraagd. Bij een kortdurende en/of geringe bemaling kan soms worden volstaan met een melding. Ook is een lozingsvergunning nodig bij het waterschap / hoogheemraadschap en eventueel de gemeente of het rijk (afhankelijk van het water waarop geloosd wordt).

Voor de inrichting van de bouwplaats op openbaar gebied (bouwkeet, opslag materiaal) moet de aannemer een afzonderlijke vergunning bij de gemeente aanvragen.

Bij sloopwerkzaamheden kan een sloopvergunning nodig zijn.

Wanneer werkzaamheden verricht worden in de nabijheid van of in matig tot zwaar verontreinigde grond dient een BUS-melding (*Besluit Uniforme Sanering*) te worden gedaan. De hiervoor benodigde afhandelingstijd kan oplopen tot 5 weken.

### 3.15 Uitvoering - contract en voorwaarden

Het opstellen en ondertekenen van de uitvoeringsovereenkomst is de afronding van de voorbereiding en het begin van de uitvoering. Alle zaken die betrekking hebben op de totstandkoming van de werkzaamheden dienen in de overeenkomst te worden benoemd. Hierbij valt te denken aan tekeningen, sondeergrafieken, berekeningen, omschrijvingen, opnamerapporten van bestaande toestand en belendende percelen en eventuele besprekingsverslagen voor zover dit niet is verwerkt in de omschrijving. In de contractstukken komen de volgende zaken aan de orde:

Als sprake is van een bouwkundige (hoofd)aannemer en een gespecialiseerde onderaannemer moeten over de volgende zaken duidelijk afspraken worden gemaakt tussen de partijen:

- het verplaatsen of verwijderen van goederen en andere objecten die de doorgang tot of de voortgang van het werk belemmeren volgens de instructies van de medewerkers;
- indien van toepassing, het verwijderen en het terugplaatsen van de bestrating en/of objecten;
- indien vanuit een kruipruimte moet worden gewerkt, het toegankelijk maken hiervan tijdens de uitvoering.

#### Financiën

Naast de aanneemsom moeten ook benoemd worden het bedrag van de te verrekenen BTW en eventuele overige afspraken over werkzaamheden van derden. Hierbij valt te denken aan bijvoorbeeld coördinatievergoeding. Van belang is ook om duidelijk vast te leggen op welke wijze het meer- en minderwerk wordt gemeld, geregistreerd en verrekend. Voor de betalingen dient een overzichtelijke termijnstaat te worden opgesteld, gekoppeld aan de planning. Deze termijnstaat behoort tot de contractstukken. Als een onderhoudsperiode is afgesproken, is

het noodzakelijk een percentage van de aanneemsom (bijvoorbeeld 10 %) als onderhoudstermijn pas betaalbaar te stellen na afloop van de onderhoudsperiode. Hiermee kunnen vooral de laatste (onderhouds) werkzaamheden tot een goed einde worden gebracht. De controle op de ingediende facturen alsmede de betalingstermijn dient te worden vastgelegd. Indien er sprake is van een bouwdepot, zoals benoemd onder 3.12 worden de termijnrekeningen betaald vanuit dit depot. Over de verrekening van meer- en minderwerk moeten nadere afspraken worden gemaakt.

#### Stelposten

Indien niet alle werkzaamheden goed ingeschat kunnen worden, moeten in het contract stelposten zijn opgenomen.

#### Bouwplaatsinrichting

In of buiten het pand is ruimte nodig voor materiaalopslag en materieel. Het materiaal betreft bijvoorbeeld stalen buissegmenten (ten behoeve van de palen), zakken cement, wapeningsstaal en overige bouwmaterialen. Het materieel is sterk afhankelijk van de gekozen uitvoeringsmethode. Voor de werkzaamheden is water en elektrische stroom nodig. Meestal is een gewone waterkraan en 220 V voldoende.

#### Planning

De planning vormt een wezenlijk onderdeel van de contractstukken en dient dan ook bij ondertekening van de overeenkomst te zijn vastgesteld. In de planning moeten alle wezenlijke (uitvoerings)zaken en beslismomenten zijn opgenomen van contractpartners maar ook, indien van toepassing, van derden zoals vergunningverlener(s), nevenaannemer(s) en zelfwerkzaamheid, voor zover van invloed op de werkzaamheden die zijn omschreven in de contractstukken.

De aannemer moet de voorziene opleverdatum aangeven, waarbij duidelijk vermeld moet worden dat dit een schatting is. Bij funderingsherstel kan door allerlei oorzaken vertraging ontstaan. Het funderingsherstel vindt vaak plaats in beperkte ruimte, waardoor inzet van extra personeel doorgaans niet zal leiden tot versnelde uitvoering.

#### Oplevering

De aannemer dient het bouwwerk schoon op te leveren. Afhankelijk van de uitvoeringsmethode kunnen bijzondere voorwaarden gelden. Als vanuit een kruipruimte

is gewerkt moet deze vrij van puin / materiaalresten en droog worden opgeleverd. Zo nodig moet een laag schoon zand / schelpen worden aangebracht. De ventilatieopeningen in de kruipruimte in de voor- en achtergevel moeten naar behoren functioneren.

### Onderhoud en garantie

De onderdelen waarop garantie moet worden verleend dienen duidelijk te worden benoemd evenals de hierbij behorende garantietermijnen.

In de overeenkomst kan bijvoorbeeld een onderhoudstermijn van 6 maanden worden opgenomen. Als er gebreken zijn kan de opdrachtgever in deze periode hierop een beroep doen. Na afloop van de onderhoudstermijn volgt de garantietermijn, voor zover deze is vastgelegd. Los van de in het Bouwbesluit genoemde referentieperiode van 50 jaar is voor het funderingsherstel een algemene garantietermijn van ten minste 10 jaar gewenst. De opdrachtnemer kan geen garantie verstrekken op zaken die worden uitgevoerd als zelfwerkzaamheid of door derden. Dit dient separaat te worden geregeld met de betrokken partijen.

### Kwaliteit

De kwalitatieve randvoorwaarden waaronder het werk moet worden uitgevoerd zijn te onderscheiden in:

- Voorwaarden die betrekking hebben op de werkzaamheden en het te realiseren product.
- Voorwaarden die betrekking hebben op de omgeving. Hierbij valt te denken aan ondermeer bouwplaatsinrichting, afspraken over hoe om te gaan met de omgeving, enz.

### Zelfwerkzaamheid

Als de opdrachtgever werkzaamheden in eigen beheer uitvoert (zie 3.12), dienen de betreffende werkzaamheden te worden vastgelegd in een schrijven behorende bij de overeenkomst, zodat alle partijen hiervan op de hoogte zijn. Als deze werkzaamheden van invloed kunnen zijn op de voortgang dienen er heldere afspraken over beslissingen en uitvoeringsmomenten te worden gemaakt.

### Voorwaarden

Naast de wettelijke voorwaarden is het raadzaam om in de omschrijving behorende bij de overeenkomst ook de bouwspecifieke bepalingen op te nemen. Hierbij valt te denken aan bijvoorbeeld de UAV 2012, de AVA 1992 en normen en bepalingen die betrekking hebben op de leveringen en werkzaamheden.

### Vergunning(en)

De stukken betreffende de vergunningen zijn uiteraard onlosmakelijk verbonden met het contract.

## 3.16 Kwaliteitsborging

Bij het gehele proces van funderingsherstel wordt aanbevolen gebruik te maken van gecertificeerde bedrijven.

### Vooropnames

De vooropnames dienen bij voorkeur te worden uitgevoerd door een bureau dat voldoet aan de certificeringeisen van BRL *Vooropnames omgeving bouwen slooplocaties*, die sinds begin 2012 in werking is.

### Grondonderzoek

Boringen en plaatsen van peilbuizen dienen bij voorkeur te worden uitgevoerd door een bedrijf dat voldoet aan de certificeringeisen van BRL SIKB 2100 *Mechanisch boren*. Sonderingen dienen bij voorkeur te voldoen aan klasse 2 volgens norm NEN 5140 (deze norm wordt te zijner tijd vervangen door EN-ISO 22476-1).

### Trillingsmetingen

Trillingsmetingen dienen bij voorkeur te worden uitgevoerd door een bureau dat voldoet aan de certificeringeisen van BRL 5023 *Metten van trillingen van gebouwen*, die sinds begin 2012 in werking is.

### Constructief ontwerp

De constructeurs zijn verenigd in de Vereniging van Nederlandse Constructeurs. VNConstructeurs richt zich op het bevorderen van de constructieve veiligheid, zowel bij nieuwbouwprojecten als bij het beheer en onderhoud van bestaande bouw, zie <http://www.vnconstructeurs.nl>. De vakbekwaamheid van de constructeur wordt gewaarborgd door middel van het constructeursregister. Het constructeursregister heeft als doel de bevordering en borging van de vakbekwaamheid en professionele houding van constructeurs, zie <http://www.constructeursregister.nl>.

### Uitvoering

De stichting BouwGarant kan gezien worden als een soort extra verzekering voor de particuliere opdrachtgever. BouwGarant is het grootste keurmerk in de bouw van Nederland met circa 1700 aangesloten bouwbedrijven. Al deze bedrijven worden periodiek getoetst en voldoen

aan eisen op het gebied van vakmanschap, kwaliteit en betrouwbaarheid. Stichting BouwGarant is in 1995 opgericht met als doel opdrachtgevers meer zekerheid en vertrouwen te bieden bij het inschakelen van een bouwbedrijf. Hiervoor is destijds een garantieproduct ontwikkeld, exclusief voor de BouwGarant-deelnemers, zie [www.bouwgarant.nl](http://www.bouwgarant.nl). Op het gebied van kwaliteit en veiligheid zijn de certificaten ISO 9001 en VCA\*\* van toepassing. Op vervuilde grond is BRL SIKB 7000, Protocol 7001 *Beoordelingsrichtlijn voor het procescertificaat uitvoering (water) bodemsanering* van toepassing. Voor de milieubewuste particulier is MVO (Maatschappelijk verantwoord ondernemen) steeds belangrijker. De particulier is echter niet verplicht om alleen met MVO bedrijven te werken.

### **Algemeen**

Alle partijen kunnen met vragen terecht bij het KCAF (Kenniscentrum Aanpak Funderingsherstel), [www.kcaf.nl](http://www.kcaf.nl).





# 4 Ontwerp en berekeningen

## 4.1 Inleiding

Na het funderingsonderzoek en het uitvoeren van het geotechnisch bodemonderzoek kan voor het funderingsherstel het ontwerp inclusief berekeningen worden opgesteld. Een dergelijk ontwerp dient te voldoen aan de geldende (veelal Europese) normen. Voor bestaande bouw geldt volgens het Bouwbesluit 2012 bovendien de NEN 8700-serie voor de beoordeling van de constructieve veiligheid bij verbouw en afkeuring.

Allereerst wordt van het te (her)funderen gebouw een gewichtsberekening gemaakt. Vervolgens wordt vastgesteld op welke plaatsen de fundering hersteld of versterkt moet worden en welke methode(n) daarvoor geschikt is(zijn).

Bij een fundering op palen wordt een palenplan opgesteld en wordt met de resultaten van de gewichtsberekening de bijbehorende belasting per paal berekend. Vervolgens wordt het vereiste paalpuntniveau (paallengte) berekend op basis van de sondeergrafieken en de gekozen paalafmeting. Een paalfundering ontleent zijn draagkracht bij voorkeur aan een zandlaag. Een paalpuntniveau in een klei- of veenlaag geeft enerzijds een beperkte draagkracht en anderzijds kruipgedrag, waardoor in de loop van de tijd alsnog zetting ontstaat. Zo nodig, bijvoorbeeld als een diep paalpuntniveau is berekend, wordt het palenplan aangepast en wordt de berekeningsprocedure herhaald. Bij een fundering op staal wordt uitgaande van de gewichtsberekening de omvang (breedte en diepte) van de bodeminjectie / funderingsversterking vastgesteld of een fundering op palen uitgewerkt.

De bestaande constructie speelt bij het funderingsherstel een belangrijke rol in de krachtsoverdracht. Bij metselwerk in slechte staat kan het nodig zijn dit vooraf door injectie met cementgrout of met een balkconstructie te versterken. Ook van bestaande betonbalken moet de kwaliteit geverifieerd worden.

Een belangrijk aandachtspunt is dat de hoofddraagconstructie van een pand op deugdelijke wijze wordt verankerd/geïntegreerd in het funderingsherstel. De volledige belasting uit de hoofddraagconstructie moet worden overgedragen naar de nieuwe fundering. Ontwerp en berekeningen dienen te worden gemaakt door een constructeur die ook tijdens de uitvoering controleert of een en ander op de juiste wijze geschiedt.

Funderingsherstel is funderingsvernieuwing en moet aan dezelfde randvoorwaarden en voorschriften voldoen als

een nieuwe fundering. Funderingsherstel wordt daarom berekend als een nieuwe fundering volgens de huidige rekenmethoden en eisen. Wanneer er een vorm van herstel wordt toegepast die niet voldoet aan de in het Bouwbesluit gestelde eisen is geen sprake van funderingsherstel maar van funderingsverbetering. Als bijvoorbeeld gebruik wordt gemaakt van bestaande houten palen, moet theoretisch worden onderbouwd dat deze palen over de geldende referentieperiode voldoende draagkracht hebben volgens de huidige eisen.

Bestaande kelders vragen extra aandacht bij het ontwerp. Dit betreft onder andere de kans dat na het funderingsherstel bestaande kelders of aansluitingen gaan lekken door een afwijkend zettingsgedrag.

## 4.2 Geotechnische aspecten

### 4.2.1 Toetsing geotechnische draagkracht

De berekening van de geotechnische draagkracht van de fundering verloopt volgens de vigerende normen (NEN 9997-1). Hiertoe dienen ten minste sonderingen beschikbaar te zijn waaruit de gelaagdheid en de draagkracht van de ondergrond zijn af te leiden (zie ook 3.6.1).

Bij een paalfundering wordt het vereiste paalpuntniveau in de zandlaag berekend uitgaande van de sondeergrafieken en de paalbelasting. Bij geheide, geschroefde en geboorde palen gelden hierbij de normale factoren:

- de materiaalfactor  $\gamma_t$  bedraagt 1,2 (zie tabel A.6, kolom R3-c in NEN 9997-1. Dit is de vroegere factor  $\gamma_{mb;4}$  uit NEN 6740);
- voor  $\xi_3$  en  $\xi_4$  gelden de waarden behorend bij het beschikbare aantal sonderingen  $n$ .

Bij gedrukte/geperste palen met de hierna gegeven belasting  $F_{persdruk}$  is aangetoond dat de vereiste representatieve waarde van de draagkracht aanwezig is. Iedere paal is bij ingebruikname feitelijk kortstondig proefbelast, zodat voor de factoren  $\gamma_t$  en  $\xi$  in dat geval kan worden uitgegaan van het volgende:

- voor de materiaalfactor  $\gamma_t$  kan 1,15 worden aangehouden vanwege het feit dat elke paal in feite een proefbelaste paal is (zie tabel A.6, kolom R3-d in NEN 9997-1. Dit is de vroegere factor  $\gamma_{mb;3}$  uit NEN 6740);
- voor  $\xi_3$  en  $\xi_4$  kunnen de waarden behorend bij  $n \geq 10$  worden aangehouden omdat voor elke paal de grondvariatie is verwerkt in een specifiek paalpuntniveau.

Bij een fundering op staal wordt de draagkracht berekend op basis van de wrijvingseigenschappen van de grond, die eveneens uit sondeergrafieken, zo mogelijk aangevuld met boorgegevens, worden afgeleid.

#### 4.2.2 Wachtijd en cascoherstel

Zowel bij een fundering op palen als bij een fundering op staal is na uitvoering van het funderingsherstel een wachttijd nodig voordat (herstel)werkzaamheden aan het casco kunnen plaatsvinden.

Door het plaatsen van nieuwe palen wordt draagkracht aan de fundering toegevoegd. Het tijdstip waarop cascoherstel kan beginnen is afhankelijk van het volgende:

##### *Nieuwe palen niet afspannen*

Het duurt enige tijd voordat de nieuwe palen hun volledige belasting bereiken. Het gebouw zal hiervoor eerst nog zakking moeten ondergaan, die geleidelijk tot stand komt. Uit een berekening volgt de grootte van de zakking en de tijdsduur (wachttijd) waarin deze optreedt. Scheurreparatie en ander cascoherstel dient pas plaats te vinden nadat de zakking (grotendeels) is opgetreden. De wachttijd bedraagt minimaal 6 maanden maar kan ook langer zijn.

##### *Nieuwe palen wel afspannen*

De bestaande fundering wordt direct ontlast. De nazakking is dan beperkt, maar meestal niet verwaarloosbaar. Bij het opspannen van de palen kunnen kleilagen tijdelijk enige draagkracht leveren. In een later stadium gaat deze draagkracht over in negatieve kleef, hetgeen gepaard gaat met enige zakking. Ook dan geldt dat gewacht moet worden met scheurreparatie en ander cascoherstel. De wachttijd kan echter korter zijn dan wanneer de palen niet op spanning worden gebracht. Een algemeen geldende wachttijd is niet te geven aangezien deze afhankelijk is van de toegepaste methode.

De keuze tussen wel of niet afspannen van de palen is een onderdeel van het constructief ontwerp en dient door de adviseur / constructeur gemotiveerd te worden.

#### 4.2.3 Restdraagkracht bestaande paalfundering

Eventueel kan ervoor worden gekozen naast de nieuwe paalfundering ook nog draagkracht te ontleen aan de bestaande (houten) paalfundering. Dit kan uiteraard alleen als de bestaande paalfundering niet is aangetast en als de

fundering voortdurend voldoende onder water staat, niet (deels) uit grenen<sup>9</sup> palen bestaat en de palen voldoende draagkracht hebben.

De verdeling van het gebouwgewicht over de nieuwe en de bestaande palen volgt uit een interactieberekening, waarin rekening wordt gehouden met de draagkracht en veerstijfheid van de bestaande en de nieuwe palen. Een dergelijke berekening is gecompliceerd, waardoor de berekeningsresultaten onzeker zijn. Deze werkwijze is daarom alleen toepasbaar in combinatie met uitgebreide monitoring en bijsturingmogelijkheden (extra vizelen).

### 4.3 Beton- en staalconstructie

Toetsing van de betonconstructie verloopt volgens de in het Bouwbesluit aangewezen normen (zoals NEN-EN 1992 en NEN-EN 1993).

#### 4.3.1 Betonconstructie

De betonconstructie dient om de gewichten uit het bestaande casco over te brengen op de nieuwe palen. Dit is noodzakelijk omdat de nieuwe palen veelal niet rechtstreeks onder de bestaande muren geplaatst kunnen worden. De volgende soorten betonnen funderingsconstructies komen voor:

- balkenrooster;
- voorgespannen balken;
- tafelconstructie (vlakke plaat).

De uitgangspunten voor de voorgespannen balken zijn vermeld in 5.7.2. Hieronder volgen de uitgangspunten behorend bij de meest voorkomende betonconstructie, de tafelconstructie:

##### *Stijfheid plaat versus stijfheid gemetseld casco*

De relatief dunne betonplaat heeft een aanzienlijk lagere stijfheid dan het hierop geplaatste relatief stijve metselwerkcasco. Dit maakt het noodzakelijk om de paalafstand van de nieuwe palen relatief klein te houden, maximaal circa 2,5 tot 3,0 m. Bij grotere paalafstanden is over het algemeen een verstijvingsrib in de plaat nodig.

##### *Dwarskracht en pons*

De dikte van de betonplaat wordt gedimensioneerd op:

1. Pons: dit is afhankelijk van de combinatie van de

<sup>9</sup> Bij grenen palen vindt ook bacteriële aantasting plaats beneden de grondwaterspiegel.

- toelaatbare paalbelastingen en paaldiameter;
2. Dwarskracht: de optredende schuifspanning direct naast de bouwmuur dient beperkt te blijven tot 1;
  3. Buiging: uitgangspunt voor de wapening is een maximale staafdiameter van 12 tot 16 mm.

#### *Beton sterkteklasse*

Voor vlakke plaatconstructies, zeker als deze ook waterkerend zijn, wordt geadviseerd uit te gaan van een maximale beton sterkteklasse C28/35. Bij hogere sterkteklassen dient extra rekening te worden gehouden met scheurvorming ten gevolge van verhardingskrimp en uitdrogingskrimp.

### **4.3.2 Staalconstructies**

Staalconstructies in de fundering, zoals bijvoorbeeld stalen consoles, worden in verband met de duurzaamheid over het algemeen volledig omstort met beton.

## **4.4 Metselwerk**

### **4.4.1 Toetsing metselwerk**

Toetsing van constructies van metselwerk verloopt volgens de vigerende normen (NEN-EN 1996).

### **4.4.2 Functies van metselwerk**

In veel panden waarvoor funderingsherstel nodig is, vormt het metselwerk een onmisbare schakel in de afdracht van belastingen vanuit het gebouw naar de palen of, bij een fundering op staal, naar de dragende grondslag. Bij het uitwerken van het herstelplan moet daarom de veranderde krachtsverdeling in het metselwerk worden beschouwd en moet de sterkte van het metselwerk worden getoetst. Dit geldt zowel voor definitieve, herstelde situatie als nadrukkelijk ook voor de bouwfase. Bij veel herstelplannen zullen dan ook detailberekeningen moeten worden gemaakt voor de toetsing van de sterkte van het metselwerk, zoals bijvoorbeeld:

- de oplegging van metselwerk op vertandingen van een nieuwe betonvloer;
- tijdelijke ondersteuning van metselwerk in de bouwfase;
- herverdeling van belasting over palenrijen;
- aanhechting tussen nieuwe palen en metselwerk.

Onderstaande paragrafen behandelen een aantal veel voorkomende berekeningen en overwegingen waarin het metselwerk een rol speelt. Per herstelplan zal moeten

worden gezien welke toetsingen zinvol of noodzakelijk zijn, en welke te treffen maatregelen hier eventueel uit voortvloeien. Metselwerk heeft belangrijke functies en het goed vervullen van deze functies kan bij funderingschade en daaruit voortvloeiende metselwerkschade in het geding komen.

Bij het opstellen van de tekst is uitgegaan van woningbouw, aangezien herstel bij dit type panden het meest voorkomt. Bij andere typen panden, zoals kantoren, pakhuizen, molens, civieltechnische constructies en dergelijke zal in het algemeen sprake zijn van grotere afmetingen van zowel het metselwerk als de benodigde herstelconstructies.

Zowel ondergronds als bovengronds verzorgt het metselwerk enkele belangrijke functies. Voor een deel zijn deze wettelijk vastgelegd via voorschriften in het Bouwbesluit.

Er bestaat onderscheid tussen:

- de constructieve functie, ook wel genoemd de dragende functie;
- de scheidende functie;
- de esthetische functie.

Bijlage B geeft een nadere beschrijving. In deze bijlage staat ook informatie over de eigenschappen van metselwerk. Deze publicatie richt zich met name op de constructieve aspecten.

### **4.4.3 Beproeving van metselwerk**

Bij funderingsherstel is in het algemeen op voorhand geen informatie bekend over de constructieve kwaliteit van het aanwezige metselwerk. Een veel toegepaste aanpak bestaat uit (zie bijlage B3):

- inspectie funderingsmetselwerk;
- de berekeningen baseren op een ondergrens van de sterkte volgens de literatuur;
- eventueel nader onderzoek naar de werkelijke sterkte.

## **4.5 Paalbelastingen en krachtsverdeling**

### **4.5.1 Paalbelastingen**

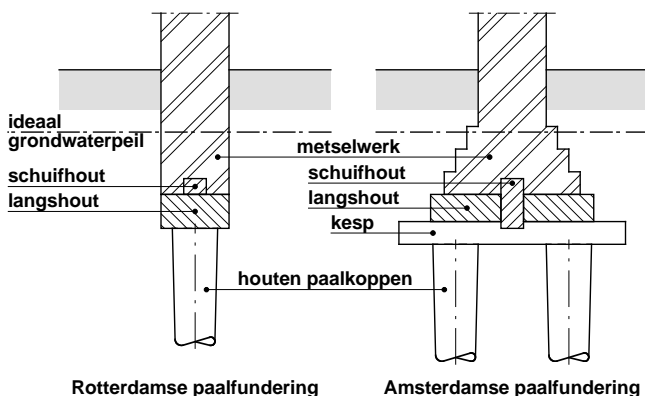
Deze paragraaf geeft een beschrijving van het spanningsverloop in het metselwerk boven een gezonde houten paalfundering. De spanningen in het metselwerk zijn afhankelijk van de belastingen uit de bovenbouw en de daaruit volgende paalbelastingen. Bij funderingsherstel aan gemetselde panden op houten palen, daterend van tussen 1850 en 1945 worden in hoofdzaak de volgende funderingstypes aangetroffen, zie figuur 4-1 en A4600 in [4]:

1. houten fundering volgens de Amsterdamse methode (dubbele rij houten palen onder kesp / paaljuk);
2. houten fundering volgens de Rotterdamse methode (enkele rij houten palen);
3. betonnen funderingsbalken op een enkele rij houten palen.

De paalafstanden en kespafstanden liggen meestal tussen 1,0 en 2,0 m. Aanbevolen wordt de bestaande paalposities zo goed mogelijk in kaart te brengen door middel van archieftekeningen, funderingsonderzoek en eventueel nadere inspectie tijdens de uitvoeringsfase, zodat een goed beeld van de bestaande krachtsverdeling in het pand kan worden verkregen.

De paalbelastingen moeten worden berekend volgens de huidige voorschriften, zodat bij het maken van een herstelplan aansluiting kan worden gezocht met het veiligheidsniveau van de huidige regelgeving. Per paal respectievelijk paaljuk worden dan doorgaans belastingen gevonden variërend van 90 tot 150 kN en in extreme gevallen tot 200 kN per paal (rekenwaarde, zie bijlage B). De permanente belasting domineert ten opzichte van variabele belasting.

Volgens de huidige regelgeving zullen dergelijk hoge paalbelastingen meestal niet kunnen worden gedragen door houten palen. De veiligheidsmarge tussen werkelijke belasting en werkelijke bezwijkdraagkracht (sterkte) is bij oude gebouwen doorgaans namelijk lager dan bij nieuwbouw. Bij funderingsherstel zal daarom niet alleen een toename van de feitelijke sterkte maar meestal ook van het veiligheidsniveau van de fundering worden gerealiseerd.

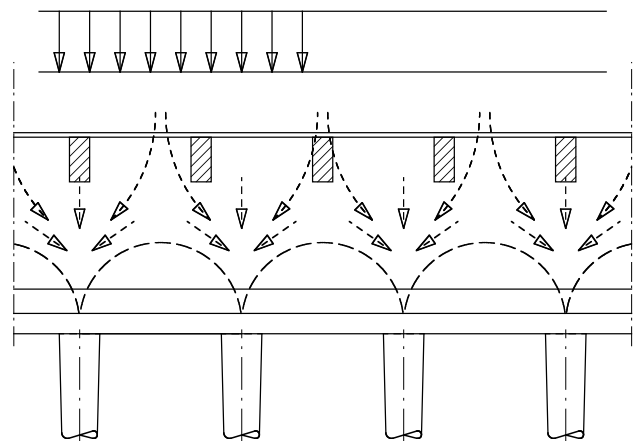


Figuur 4-1 Fundering op houten palen.

### 4.5.2 Boogwerking

Een goed functionerende fundering brengt de belasting uit de bovenbouw via boogwerking in het metselwerk over naar de palen (zie figuur 4-2).

Het metselwerk onder de denkbeeldige bogen draagt slechts in beperkte mate bij aan de krachtsafdracht. Wanneer de verticale afstand tussen de beganegrondvloer en de bovenkant van het paalhout gelijk is aan of groter dan de afstand tussen de palen of paaljukken, kan de boogwerking zich goed ontwikkelen. In sommige situaties is het metselwerk onder de boog dan ook geheel weggelaten, om zo een gewichtsbesparing mogelijk te maken, zie figuur 4-3 uit [5]. Dergelijke bogen beneden de laagste vloer worden spaarbogen genoemd.



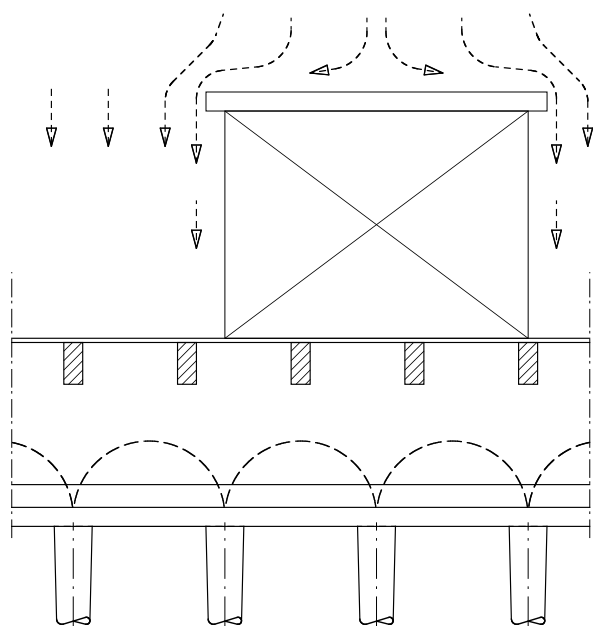
Figuur 4-2 Boogwerking in metselwerk.

### 4.5.3 Muursparingen

De ontwerper van een herstelplan dient bedacht te zijn op situaties waarin in de muur boven het niveau van de beganegrondvloer grote sparingen aanwezig zijn, bijvoorbeeld voor deur- of raamopeningen (zie figuur 4-4). Hierdoor kan de boogwerking worden verstoord doordat de bovenbelasting niet gelijkmatig verdeeld is. Dit is met name het geval wanneer sparingen later zijn aangebracht zonder rekening te houden met de paalposities.



Figuur 4-3 Voorbeeld van spaarbogen / gewelven.



Figuur 4-4 Invloed van sparingen op belastingafdracht in metselwerk.

#### 4.5.4 Functie langshout als trekband bij boogwerking

Het langshout zal bij een goede ontwikkeling van de boogwerking nauwelijks een functie als trekband hoeven te vervullen, met uitzondering van de posities op het uiteinde van de muur, waar de spatkracht uit de laatste boog niet wordt gecompenseerd door die uit een volgende boog. Het langshout kan ook niet altijd langs de volledige lengte trekkrachten opnemen, want het is in de praktijk soms opgebouwd uit één of twee lengtes hout met een naad ertussen (zie figuur 4-5).

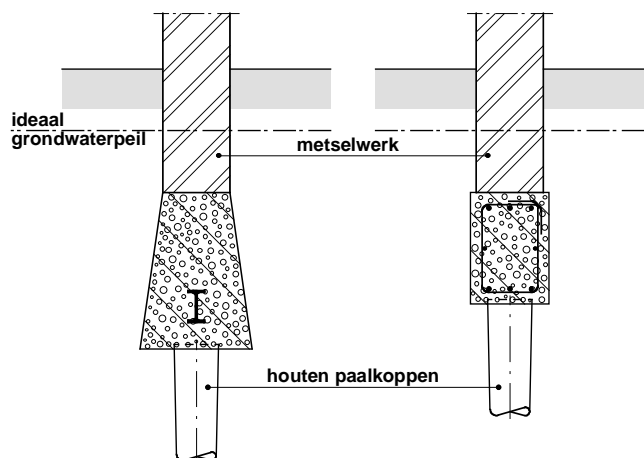


Figuur 4-5 Verschuiving langshout ter plaatse van scheur in metselwerk.

#### 4.5.5 Functie betonnen funderingsbalk

Bij herstel van gebouwen met een betonnen fundering (figuur 4-6) zijn twee benaderingen mogelijk. Bij de eerste benadering wordt de betonbalk beoordeeld zoals dat tegenwoordig plaatsvindt: momenten en dwarskrachten worden dan door beton, langswapening en beugels opgenomen. Bij een tweede benadering zal de krachtwerving niet significant verschillen van die van een gemetselde fundering. Met name bij funderingen uit het begin van de 20e eeuw (vanaf circa 1920) verschilt de druksterkte van beton nauwelijks van die van metselwerk (Gewapend betonvoorschriften GBV 1912, Art. 22, waarin toe te laten betonspanningen van 4 à 6 N/mm<sup>2</sup> zijn vermeld), al is de breedte van de betonbalk soms wel wat groter dan dat van het bovenliggende metselwerk.

Bij vooroorlogse betonbalken kunnen vraagtekens worden gezet bij de aanwezigheid, kwaliteit en functie van de wapening. Aan de onderzijde is de dekking vaak onvoldoende en kan de wapening daardoor inmiddels zijn aangetast door corrosie. Beugels zijn soms afwezig. Incidenteel zijn staalprofielen ingestort als vorm van wapening.



Figuur 4-6 Betonnen fundering op houten paal.

Feitelijk kan zonder nader onderzoek niet veel meer sterkte aan dergelijke betonbalken worden toegekend dan aan een gemetselde fundering. Als onderzoek niet mogelijk is, kan een beschouwing van toename in spanningen tussen oude en nieuwe situatie soms zinvol zijn. In de praktijk wordt, gezien de kosten van onderzoek ter plaatse en vanwege de fasering van het project, veelal voor een conservatieve, veilige berekeningswijze gekozen. Biedt dit onvoldoende soelaas, dan is inspectie ter plaatse door de constructeur, gecombineerd met bemonstering en/of beproeving van beton en wapening, onontkoombaar.

#### 4.5.6 Schijfwerking en herverdeling

Omdat gemetselde muren zich bij afwezigheid van grote sparingsen als schijf gedragen, zal de verdeling van belastingen over de bestaande houten palen en ook over de nieuwe palen zich instellen als een functie van de (veronderstelde) veerstijfheid van de palen en de (veronderstelde) buigstijfheid in het vlak van de metselwerkschijf, zie bijlage B5. De resultaten van een berekening zijn sterk afhankelijk van de veronderstelde stijfheden, en moeten dan ook met de nodige voorzichtigheid worden gehanteerd. Een feitelijke beoordeling van de situatie ter plaatse (zoals scheurvorming) is hierbij nodig.

Voor de stijfheid van het metselwerk wordt verwezen naar bijlage B3. Bij twijfel over de te hanteren waarde voor de elasticiteitsmodulus moet zowel met een hoge als lage waarde worden gerekend, om de invloed op de herverdeling van krachten te kunnen inschatten.

## 4.6 Veel voorkomende gebreken in defecte paalfunderingen

### Overschrijding spanningen in metselwerk rond paalkoppen

De belasting uit het metselwerk zal zich direct boven de paalkop sterk concentreren, daar hier de lastinleiding in de paal of kesp plaatsvindt. Het is voor funderings-metselwerk uit de periode 1900 - 1950 niet vanzelfsprekend dat de aanwezige drukspanningen door het metselwerk en het langshout kunnen worden opgenomen, zie bijlage B6 en verder.

### Bezijken drukboog

Enkele centimeters boven de paalkop zal de belasting zich al kunnen verdelen over een grotere doorsnede, waardoor de sterkte van de drukboog niet snel maatgevend kan worden. De drukspanning wordt immers ook nog in twee richtingen verdeeld. Bij hogere belastingen zal in het algemeen ook anderhalfsteens metselwerk ( $d = 330 \text{ mm}$ ) aanwezig zijn. Geconcludeerd wordt dat overschrijden van de druksterkte van boog niet heel snel aan de orde zal zijn, zie bijlage B7.

### Bezijken metselwerk van de bouwmuur

Scheuren die van pand naar pand doorlopen in de tussenliggende bouwmuur (zoals bijvoorbeeld zichtbaar in figuur 4-5) zijn meestal het gevolg van ongelijkmatige zettingen in de fundering onder deze bouwmuur. Hierdoor kunnen aanzienlijke trek- en/of schuifspanningen in het metselwerk ontstaan op plaatsen waar deze bij een goed functioneren van de fundering niet optreden. De vorm van de scheur zegt iets over de oorzaak ervan. Een ervaren constructeur kan uit de vorm en plaats van de scheuren, in combinatie met gegevens van lintvoeg- en vloerwaterpassingen en eventueel beschikbaar meerjarige meetgegevens, vaak vrij goed herleiden welke gebreken de fundering vertoont, zelfs voorafgaand aan het eigenlijke funderingsonderzoek.

Vaak is constructief herstel van het metselwerk niet strikt nodig omdat de nieuwe fundering minder afhankelijk is van de schijfwerking van het metselwerk dan de oude. Scheurherstel na afloop van het funderingsherstel kan daarom veelal beperkt blijven tot het dicht maken (stukadoeren) van scheuren (binnen), herstel van voegwerk en/of inboeten van stenen. Indien nodig kan wel worden gekozen voor het aanbrengen en vastgrouten van verankeringstaven over de scheur, zodat ook de constructieve samenhang van het metselwerk weer wordt hersteld. In

bijlage B8 wordt verder ingegaan op scheurvorming en de constructieve berekening van gescheurd metselwerk.

#### *Bezwijken metselwerk door wegvallen palen*

Indien zeer plaatselijk schade aan het metselwerk optreedt kan dit het gevolg zijn van zeer plaatselijke gebreken aan de fundering, zoals het wegvallen van een paal, zie figuur 4-7. Het plaatselijk wegvallen van palen door aantasting van het paalhout, breuk van kespens of geotechnisch bezwijken zal leiden tot herverdeling van de spanningen in het bovenliggende metselwerk, waardoor aangrenzende palen de belasting overnemen. Hoewel er meestal meer aan de hand is, kan soms worden volstaan met plaatselijke reparatie van één paalkop of het bijplaatsen van één paal.



*Figuur 4-7 Zeer plaatselijke scheurvorming direct boven fundering.*

Het is opvallend dat metselwerk in veel gevallen in staat is belastingen over behoorlijke afstanden te herverdelen, zonder dat bovengronds grote schade zichtbaar wordt. Doordat de palen die de belasting overnemen worden overbelast, zullen deze ook wat zakken, waardoor een steeds groter deel van het pand meedoet in het opvangen van het gewicht. De mate waarin deze herverdeling kan optreden, hangt af van de sterkte van het metselwerk en ook van de daarin aanwezige openingen voor ramen en deuren, die feitelijk een verzwakking vormen. Ook hiervoor geldt dat een rekenkundige benadering vaak lastig is, en beperkt blijft tot enkele globale benaderingen die de constructeur helpen om de ernst van een situatie in te schatten en passende maatregelen te treffen. Voorzichtigheid is geboden, met name in de bouwfase van het funderingsherstel, omdat dan nog extra gaten worden gemaakt in het metselwerk (zie 4.7), en trillingen kunnen

worden veroorzaakt door grondwerk en het aanbrengen van nieuwe palen.

## **4.7 Inkassingen en benodigde controles**

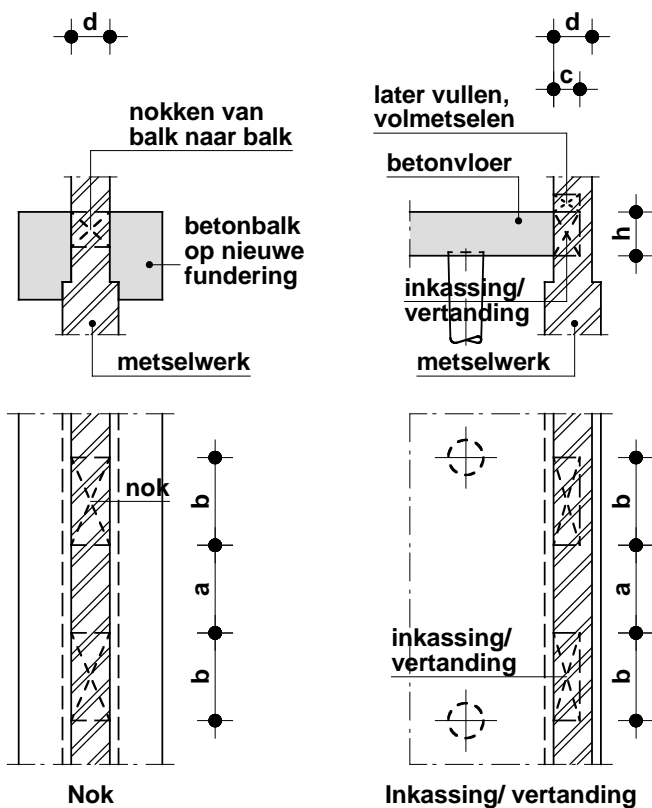
Bij funderingsherstel wordt regelmatig gebruik gemaakt van betonvloeren of betonbalken op nieuwe palen. Via gezaagde en/of gehakte inkassingen of sleuven in het bestaande metselwerk wordt de belasting uit de gemetselde muren overgedragen op de nieuwe constructie.

Na het maken van de inkassingen in het metselwerk wordt beton gestort. Er wordt meestal vanuit gegaan dat de ruimte tussen de bovenzijde van het beton en de onderzijde van het metselwerk volledig is gevuld met beton, zodat een goede belastingoverdracht mogelijk is. Dit is achteraf echter lastig te controleren omdat het detail niet altijd zichtbaar is. Voor een goede aansluiting is een voldoende vloeibare betonspecie nodig, die zorgvuldig rond de inkassingen wordt verdicht. De ingesloten lucht moet makkelijk uit de inkassing kunnen ontsnappen. De keuze van een geschikte consistentieklasse dient in overleg met de betonleverancier gemaakt te worden, rekening houdend met de specifieke stortomstandigheden en de vaak lastige bereikbaarheid bij funderingsherstel. Een in het zicht blijvende inkassing geniet de voorkeur boven een inkassing op een plaats die achteraf niet meer valt te inspecteren. Eventuele openingen kunnen dan achteraf nog worden aangegoten met krimparme mortel.

De krachtoverdracht van metselwerk naar beton kan o.a. op de volgende manieren plaatsvinden (zie figuur 4-8):

1. nokken (doorgaand dwars door metselwerk) – centrisc belast vanuit metselwerk;
2. inkassingen/vertandingen (inkassing vanuit betonvloer of betonbalk op gegeven h.o.h.-afstanden en met gegeven breedte en hoogte) – excentrisch belast door metselwerk.

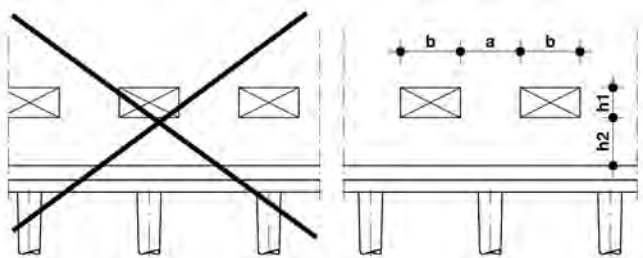
Voor de uit te voeren toetsingen wordt verwezen naar bijlage B9.



Figuur 4-8 Inkassingen in bestaand metselwerk.

#### 4.7.1 Metselwerkspanningen rond inkassingen nabij bestaande palen

Bij de keuze van de posities en afmeting van inkassingen moet er rekening mee worden gehouden de inkassing in de bouwfase een belangrijke verzwakking van het metselwerk vormt. Bij het maken van inkassingen is het van belang te letten op de sterkte en stabiliteit van het bovenliggende metselwerk. De gaten zijn soms fors, en omdat de bestaande fundering meestal slecht is, wordt al veel geverg'd van het metselwerk om de krachten tussen de palen te verdelen. Voorkom, voor zover mogelijk, dat inkassingen boven bestaande palen komen te zitten (zie figuur 4-9).



Figuur 4-9 Onjuiste (links) en juiste (rechts) posities van inkassingen.

De situatie in de linker afbeelding dient voorkomen te worden tenzij een stempel wordt gebruikt, zie 4.7.3. Vuistregels zijn:

$$h_2 \geq b$$

$$a \geq b$$

waarin:

- $h$  is de afstand tussen de onderzijde van het funderingsmetselwerk en de onderzijde van de inkassing in mm;
- $a$  is de afstand tussen twee inkassingen in mm;
- $b$  is de breedte van de inkassing in mm.

#### 4.7.2 Kashoogte versus vloerdikte

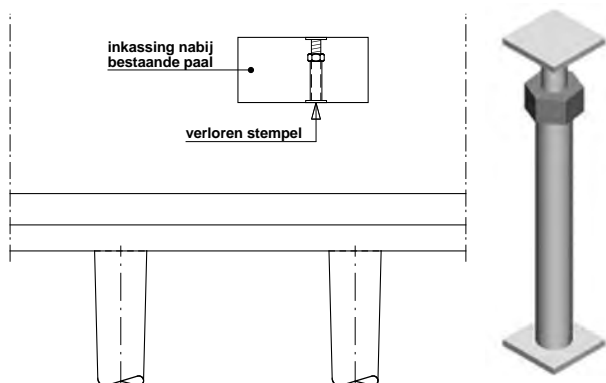
De kas moet bij voorkeur 1 laag metselwerk hoger zijn dan de vloer dik is. Bij het storten van de vloer kan dan visueel gecontroleerd worden of de kas geheel gevuld is met betonspecie. De ruimte boven de vloer wordt later dichtgemetseld (beste oplossing) of met krimparme mortel dichtgezet. Dat moet nauwkeurig gebeuren om te voorkomen dat het metselwerk enkele centimeters over de kas heen zakt voordat het funderingsherstel zijn functie krijgt.

Als de kashoogte gelijk wordt gehouden aan de vloerdikte is de visuele controle niet mogelijk en dient op een andere manier te worden aangetoond dat de kas geheel gevuld is.

#### 4.7.3 Stempel in inkassing

Vaak worden zogenoemde 'rioolstempels' (spindels) gebruikt om in de bouwfase de inkassing te stutten, zie figuur 4-10. Aan de boven- en onderzijde van het stempel ligt een tegel die met krimparme mortel is vastgezet. Deze stempels worden opgenomen in de betonvloer, en moeten daarna als verloren worden beschouwd. De rioolstempels zijn relatief goedkoop te maken door draadeinden rond 36 mm met een grove spoed en een moer in een stukje buisprofiel met aangelaste voetplaat te steken. Met een grote sleutel kan de stempel onder spanning worden gedraaid. Als de inkassing op een kritische plaats zit, kan de stempel als eerste worden ingebracht voordat de baksteen uit de gehele inkassing wordt weggehaakt.





Figuur 4-10 Verloren stempel in inkassingen.

#### 4.7.4 Vastzetten nieuwe palen in omringend metselwerk

De sterkte van het metselwerk moet ook worden getoetst wanneer de nieuwe palen met behulp van grout in het metselwerk worden vastgezet. Eerst wordt een gat geboord in het bestaande metselwerk naar de onderzijde van de fundering. Vervolgens wordt, veelal door middel van oliedrukvijzels, een nieuwe stalen buispaal in segmenten door dit gat tot in de dragende zandlagen geperst. De constructieve koppeling tussen de nieuwe palen en het metselwerk vindt dan plaats door middel van het opvullen van de ruimte tussen paalschacht en boorgat met een cementgebonden hechtmortel. Ook kan de ruimte boven de nieuwe paal worden opgevuld met grout. Daarnaast komt het voor dat eerst een mantelbuis in het metselwerk wordt vastgezet, waaraan de reactiekrachten voor het persen worden ontleend. In de eindsituatie kan de paal dan onder spanning worden vast gelast aan deze mantelbuis.

#### 4.8 Stut- en stempelwerk

Vaak is tijdelijke ondersteuning van wanden of vloeren nodig door middel van stempels en stutten. Dit aspect vergt bijzondere aandacht in het ontwerp maar ook in de uitvoering.

Tijdelijke stempeling is het aanbrengen van (constructieve) voorzieningen om vooraf dan wel tijdens de uitvoering van het funderingsherstel de standzekerheid en constructieve veiligheid van het pand te waarborgen. Hierbij valt te denken aan het aanbrengen van tijdelijke stempels tussen twee bouwmuren als de begane grondvloer wordt gesloopt, bijvoorbeeld bij onderkeldering. Bij panden met een bezweken fundering is het soms noodzakelijk om

voorafgaand aan sloop- en graafwerk een tafelconstructie te maken waarmee het pand tijdelijk opgevangen wordt.

De stempeling dient in overleg met de uitvoerende partij en de constructeur bepaald te worden en veelal goedgekeurd te worden door de gemeentelijke dienst Bouw en Woningtoezicht.





# 5 Herstelmethoden bij fundering op palen

## 5.1 Inleiding

De meest voorkomende herstellmethoden bij funderingen op palen zijn:

- *Tafelmethode*: aanbrengen van een "tafel", bestaande uit een betonnen vloer op nieuwe palen.
- *Vijzelpalen in de bestaande muren*: aanbrengen van stalen buispalen vanuit inkassingen in bestaande muren.
- *Paalkopverlaging van houten palen*: afzagen en vervangen van aangetaste koppen van houten palen. Alleen toepasbaar als 1) alleen de paalkop is aangetast, 2) de rest van de fundering goed is en de palen voldoende draagkracht hebben en 3) de fundering niet uit grenen palen bestaat (zie voetnoot 9).
- *Randbalken of balkenrooster op nieuwe palen*: aanbrengen van stalen of betonnen balken langs de dragende muren, rustend op nieuwe palen.
- *Voorgespannen balken op nieuwe palen*: aanbrengen van voorgespannen balken onder de huidige, te handhaven vloer, rustend op nieuwe palen buiten het vloerveld.

## 5.2 Paaltype

Voor het funderingsherstel worden vrijwel uitsluitend stalen buispalen gebruikt. Door de paal in delen aan te brengen is uitvoering in een beperkte ruimte mogelijk. Stalen buispalen kunnen op verschillende wijzen worden aangebracht. In onderstaande paragrafen worden de verschillende systemen op hoofdlijnen omschreven. Voor een nadere omschrijving wordt verwezen naar deel B van het *SBR Handboek funderingen* [4] en desbetreffende paalleveranciers. Bij funderingsherstel moet vaak in een beperkte ruimte worden gewerkt, waardoor ook de grootte van het in te zetten materieel beperkt is.

### 5.2.1 Heien van stalen buispalen

#### *Inwendig heien*

Dit is de meest toegepaste methode om stalen buispalen aan te brengen, zie figuur 5-1. De buis wordt met behulp van een valgewicht inwendig heidend op diepte gebracht. Deze werkwijze is geschikt om buizen met kleine en grote diameter op diepte te brengen. Door onderin de buis te heien verplaatst de trillingsbron zich steeds verder van het maaiveld af zodat heitruïllingen over het algemeen beperkt zijn. Dit systeem wordt als trillingsarm gekenmerkt. Doordat de paal heidend op diepte wordt gebracht

is goede controle mogelijk van plaatsing van de paalpunt in de draagkrachtige zandlaag. Door de permanente casing (de stalen buis) is de paalschacht gegarandeerd. Omdat de palen pas worden gevuld met beton nadat het paalpuntniveau is bereikt is controle van de lengte goed mogelijk.



Figuur 5-1 Inwendig heien van stalen buispalen.

#### *Uitwendig heien*

Door uitwendig op de buis te heien wordt deze op diepte gebracht. Deze werkwijze leent zich bij funderingsherstel niet voor het aanbrengen van buizen met een grote diameter. Door boven op de buis te heien blijft de trillingsbron op maaiveldniveau zodat heitruïllingen bij het bereiken van de draagkrachtige zandlaag zullen toenemen. Deze werkwijze wordt niet als trillingsarm gekenmerkt. Doordat de paal heidend op diepte wordt gebracht is goede controle mogelijk van plaatsing van de paalpunt in de draagkrachtige zandlaag. Door de permanente casing (de stalen buis) is de paalschacht gegarandeerd. Omdat de palen pas worden gevuld met beton nadat het paalpuntniveau is bereikt is controle van de lengte goed mogelijk. De mogelijkheid bestaat om een betonnen voet uit te heien om de draagkracht te vergroten.

#### *Hoogfrequent heien*

De buis wordt met behulp van hoogfrequent persluchtblok, geplaatst op de kop van de buis, heidend op diepte gebracht. Deze werkwijze leent zich niet voor het aanbrengen van buizen met een grote diameter. Door boven op de buis te heien blijft de trillingsbron op maaiveldniveau zodat heitruïllingen bij het bereiken van de draagkrachtige zandlaag zullen toenemen. Deze werkwijze is niet tril-

lingsvrij. Doordat de paal hoogfrequent op diepte wordt gebracht is beperkte controle mogelijk van plaatsing van de paalpunt in de draagkrachtige zandlaag. Door de permanente casing (de stalen buis) is de paalschacht gegarandeerd. Omdat de palen pas worden gevuld met beton nadat het paalpuntniveau is bereikt is controle van de lengte goed mogelijk. De mogelijkheid bestaat om de buis na te heien en of om een betonnen voet uit te heien (ter vergroting van de draagkracht).

#### *Gekoppelde injectiepaal*

Tijdens het inwendig, uitwendig en hoogfrequent heien kan groutspecie worden geïnjecteerd. Hiermede wordt beoogd de inbrengweerstand van de paal te beperken en tevens een grotere grondmechanische draagkracht te verkrijgen. Controle op de aanwezigheid en dikte van de groutschil rondom de paal in de zandlagen is echter niet mogelijk. Ook is door een afnemend slagdiagram de controle op plaatsing van de paalpunt in de draagkrachtige zandlaag beperkt. De groutinjectie zal doorgaans plaatsvinden met behulp van een hulpbuis. Na het bereiken van de paalpuntniveau wordt de buis gevuld met beton en is controle van de lengte goed mogelijk.

### **5.2.2 Schroeven van stalen buispalen**

De buis wordt schroevend op diepte gebracht. Eventueel kan tijdens het inbrengen van de paal een injectie met groutspecie worden toegepast. De werkwijze is trillingsvrij.

Dit paalsysteem is onder verschillende benamingen bekend. Elke leverancier heeft een andere benaming gegeven aan het paalsysteem. Doorgaans is een benaming zoals geschroefde stalen buispaal / casing draaipaal of compactpaal / schroefinjectiepaal (indien groutinjectie toegepast is) afdoende om het paalsysteem juist te kunnen typeren / aanduiden. Doordat dit type paal schroevend op diepte wordt gebracht is beperkte controle mogelijk op plaatsing van de paalpunt in de draagkrachtige laag. Het grondonderzoek moet hierop afgestemd worden (extra sonderingen). Ook de toepassing van een grote schroefbladdiameter is bij funderingsherstel beperkt. Door de permanente casing (de stalen buis) is de paalschacht gegarandeerd. Omdat de palen pas worden gevuld met beton nadat het paalpuntniveau is bereikt is goede controle van de lengte mogelijk.

Door groutinjectie tijdens het inschroeven wordt beoogd de paal met geringere weerstand op diepte te krijgen en tevens een grotere grondmechanische draagkracht te

verkrijgen. Controle op de aanwezigheid en dikte van de groutschil rondom de paal in de zandlagen is echter niet mogelijk. Indien sprake is van groutinjectie kan dit via de buis zelf worden aangebracht of door middel van een hulpbuis. Bij een hulpbuis wordt de buis na het bereiken van de paalpuntniveau gevuld met beton en is controle van de lengte goed mogelijk. Bij gebruik zonder hulpbuis is controle op de lengte beperkt mogelijk.

### **5.2.3 Drukken van stalen buispalen**

De buis wordt drukkend / persend op diepte gebracht. Deze werkwijze is trillingsvrij. Bij deze werkwijze is goede controle mogelijk op plaatsing van de paalpunt in de draagkrachtige laag. De toepassing van een paal met een grote diameter is echter beperkt. Door de permanente casing (de stalen buis) is de paalschacht gegarandeerd. Plaatsing in een draagkrachtige laag is gegarandeerd doordat tijdens het drukken / persen de weerstand wordt gemeten. Omdat de palen pas worden gevuld met beton nadat het paalpuntniveau is bereikt is controle van de lengte goed mogelijk.

### **5.2.4 Pulsen van stalen buispalen**

De buis wordt pulsend, dat wil zeggen met grondverwijdering, op diepte gebracht. Deze werkwijze is trillingsvrij. Bij deze werkwijze is beperkte controle mogelijk op plaatsing van de paalpunt in de draagkrachtige laag. Het grondonderzoek moet hierop afgestemd worden (extra sonderingen). Door de permanente casing (de stalen buis) is de paalschacht gegarandeerd. Omdat de palen pas worden gevuld met beton nadat het paalpuntniveau is bereikt is controle van de lengte goed mogelijk. Vanwege de grondverwijdering is de draagkracht van deze palen in vergelijking met de voorgaande beperkt. De mogelijkheid bestaat om een betonnen voet uit te heien om de draagkracht te vergroten.

### **5.2.5 Keuze paaltype**

Tabel 5-1 geeft de voor- en nadelen van de verschillende paaltypen/-systemen. Naast de kosten wordt de keuze voor het paaltype bepaald door een combinatie van de navolgende factoren. Het ontwerp van het funderingsherstel moet hierop afgestemd worden.

#### **Beschikbare ruimte, bereikbaarheid en werkhoogte**

Om de palen op de gewenste diepte te kunnen brengen is een funderingsmachine met voldoende capaciteit nodig. Bij een beperkte ruimte / bereikbaarheid / werkhoogte kan alleen een kleine funderingsmachine worden gebruikt.

Tabel 5-1 Voor- en nadelen inbrengmethoden stalen buispalen.

Inbrengmethode	Trillingen	Toepassing van kleine diameter	Toepassing van grote diameter	Bereiken paalpunt	Controle op uitvoering
Inwendig heien	0	+	+	+	+
Uitwendig heien	-	+	-	+	+
Hoogfrequent heien	0	+	-	0	0
Heien met groutinjectie	0	+	-	+	0
Schroeven	+	+	+	0	0
Schroeven met groutinjectie zonder hulpbuis	+	+	-	+	-
Schroeven met groutinjectie met hulpbuis	+	-	+	+	0
Drukken/persen	+	+	0	-	+
Pulsen	+	+	0	+	0
+ gunstig 0 neutraal - ongunstig					

Dit zal doorgaans resulteren in palen met een relatief kleine diameter en daarmee een relatief lage grondmechanische draagkracht per paal. Dit zal vervolgens weer tot een relatief groot aantal palen leiden.

#### Afmeting funderingsmachine

De afmetingen van de funderingsmachines zijn per paaltype anders. De machines voor het schroevend aanbrengen van palen zijn over het algemeen groter en vaak ook zwaarder dan de machines voor de andere werkwijzen.

#### Gewenste paal draagkracht

De schachtdiameter is afhankelijk van de gewenste draagkracht. Dit betreft zowel de grondmechanische draagkracht als de sterkte van de paalschacht zelf. De kleinste van de twee is maatgevend voor de draagkracht van de paal.

#### Belendende panden

De wijze waarop de palen aangebracht dienen te worden zal afgestemd moeten worden op de bouwkundige staat en funderingswijze van belendende panden.

#### Te herstellen pand

De wijze waarop de palen aangebracht dienen te worden zal afgestemd moeten worden op de bouwkundige staat en funderingswijze van het te herstellen pand.

#### Omgevingsvergunning

In omgevingsvergunningen worden soms aanvullende eisen gesteld aan de wijze van het uitvoeren van de palen.

Het is derhalve verstandig in een vroeg stadium contact op te nemen met de vergunningsverlener.

#### Wensen opdrachtgever

Bij de keuze van het paaltype dient rekening te worden gehouden met specifieke wensen van de opdrachtgever.

## 5.3 Tafelmethode

### 5.3.1 Algemene beschrijving en toepassingsgebied

Bij de tafelmethode wordt een gewapende betonvloer in het te funderen pand aangebracht. Deze betonvloer wordt via inkassingen verbonden met de omliggende muren, zie figuur 5-2.

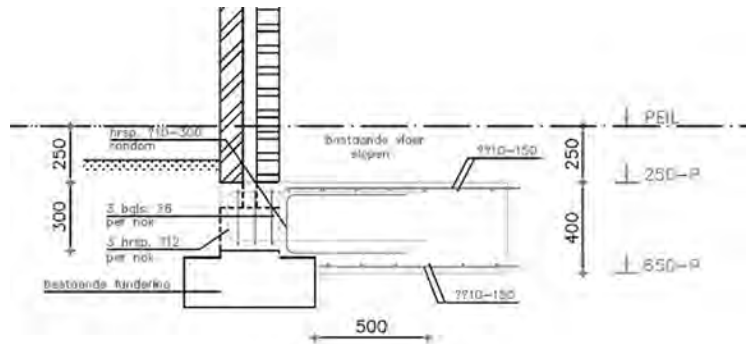
Op hoofdlijnen zijn er de volgende vier uitvoeringsvarianten:

1. na sloop bestaande beganegrondvloer, nieuwe gewapend betonvloer aanbrengen en daarna, door sparingen in de vloer, de palen aanbrengen door middel van persen;
2. na (gedeeltelijke) sloop bestaande beganegrondvloer, palen installeren en daarna de nieuwe gewapend betonvloer aanbrengen;
3. zonder sloop beganegrondvloer, een nieuwe gewapend betonvloer in de kruipruimte aanbrengen nadat deze tot voldoende diepte is uitgegraven en daarna, door sparingen in de vloer, de palen aanbrengen door middel van persen;
4. zonder sloop beganegrondvloer, de kruipruimte tot voldoende diepte uitgegraven, de palen aanbrengen

en ten slotte een nieuwe gewapend betonvloer aanbrengen.

De keuze tussen de vier werkwijzen is afhankelijk van de bouwkundige omstandigheden en de wensen. Aannemers zijn vaak gespecialiseerd in een bepaalde werkwijze. Bij de methoden 2 en 4 is een groot aantal paaltypen (zie 5.2) toepasbaar, mits de ruimte bereik- en bereikbaar is voor de heistelling.

Bij de methoden 1 en 3 valt de keuze vrijwel altijd op het indrukken/inpersen van stalen buispalen. De vijzelconstructie voor het indrukken / inpersen van de palen is via ankers vastgezet aan de betonvloer, die daardoor samen met het gebouw de benodigde tegendruk moet leveren. In feite wordt er aan de betonvloer getrokken, zodat ook wordt gesproken van getrokken stalen buispalen. De methoden 3 en 4 zijn bedoeld voor bijzondere situaties en kunnen vooral interessant zijn als bij het funderingsherstel ook een kelder of souterrain wordt aangelegd. De minimaal benodigde hoogte om in de kruipruimte te kunnen werken bedraagt 1,5 m maar het werken in een dergelijk lage ruimte is gecompliceerd en leidt tot hoge kosten. Bij methoden 3 en 4 kan de nieuwe constructievloer lager komen te liggen dan de oorspronkelijke bodem van de kruipruimte. Bij een hoge grondwaterstand zijn dan maatregelen nodig om een droge vloer te waarborgen.



Figuur 5-2a,b,c Voorbeelden methode 1 - betonvloer met inkassing in metselwerk en springen.



Figuur 5-3a,b Voorbeeld inpersen stalen buispaal met perscilinders/vijzel.

#### Tafelmethode binnen een bouwkundige eenheid

Bij bloksgewijze aanpak (zie 2.2) wordt vaak gewerkt met de tafelmethode volgens het dambordprincipe. Dit houdt in dat om- en om vloervelden verwijderd worden. De tussenliggende vloervelden worden gespaard. Bij het ene pand moet de vloer er derhalve uit en bij het belendende pand niet, enz. Bij de panden waar de vloer niet wordt verwijderd, worden bij de voor- en achtergevel nieuwe balken aangebracht ter ondersteuning van die gevels. Bij de panden aan het eind van een blok moeten alle dragende muren van een nieuwe fundering worden voorzien. Bij panden met een dragende tussenmuur (meestal gang / woonkamer) kan er voor worden gekozen alleen de vloer van de brede beuk (woonkamer) te voorzien van een tafelfundering. Dan gaat er slechts een deel van de vloer uit. Dit beperkt de overlast en de sloop- en herinbouwkosten.

Bovenstaande houdt in dat niet alle eigenaren tijdelijk hun huis uit moeten. Ook als de vloer eruit gaat, kan ernaar worden gestreefd tijdelijk te wonen op de verdieping. De kosten van tijdelijke huisvesting en twee maal verhuizen kunnen dan voorkomen worden.

Ondanks het feit dat niet in alle panden de vloer wordt verwijderd, worden de totale kosten over alle eigenaren verdeeld. De kostenverdeling is meestal naar rato van het aantal m<sup>2</sup> pand. Bij een vereniging van eigenaren is de verdeelsleutel vastgelegd in de splitsingsakte.

### 5.3.2 Ontwerpberekening

In aanvulling op hoofdstuk 4 geldt het volgende. Voor gedrukte / geperste palen wordt de benodigde drukkracht / vijzelkracht gelijk genomen aan de som van de rekenwaarde van de paalbelasting en de negatieve kleeft:

$$F_{\text{persdruk}} = V_d + F_{\text{nk;rep}}$$

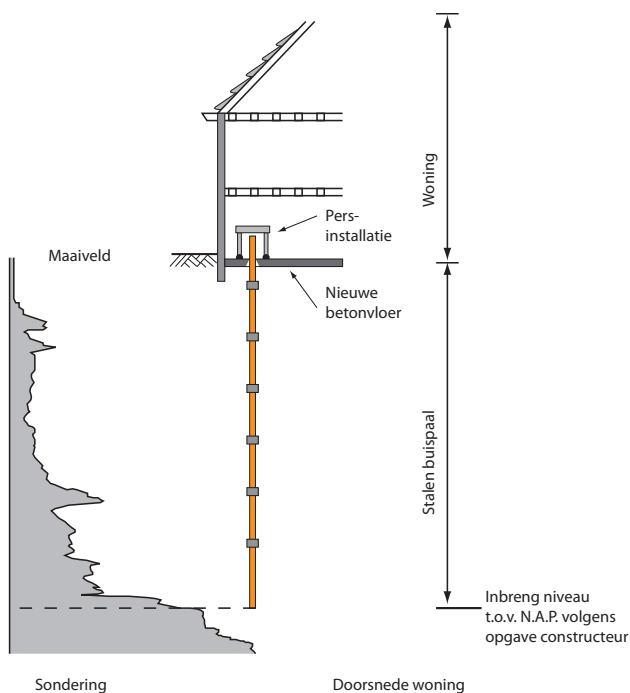
Waarin:

$F_{\text{persdruk}}$  is de persdruk waarmee de paal op diepte wordt gebracht in kN;

$V_d$  is de rekenwaarde van de paalbelasting in kN;

$F_{\text{nk;rep}}$  is de representatieve waarde van de negatieve kleeft in kN.

Tijdens het drukken wordt het sondeerbeeld geverifieerd door het meten (en registreren) van de vijzeldruk. Zo nodig kan op basis van deze verificatie het paalpuntniveau van de betreffende paal worden aangepast. Als het beeld van de persdruk afwijkt van de sonderingen kunnen eventueel voor de volgende palen de voetdiameter en/of de paalplaatsing (paalbelasting) worden aangepast.



Figuur 5-4 Paalpuntniveau gedrukte/geperste stalen buispaal.

Wanneer een paal niet de gewenste diepte bereikt, kan worden overwogen de paal na te heien, mits de trillingshinder daarbij acceptabel is. Meestal gaat het bij naheien maar om enkele decimeters. Ook kan soms op

basis van achteraf uitgevoerde sonderingen een herberekening van de draagkracht uitkomst bieden. Figuur 5-4 geeft een schematisch beeld van bovenbeschreven procedure.



Figuur 5-5 Betonvloer met sparing en trekwapening (voorbeeld).

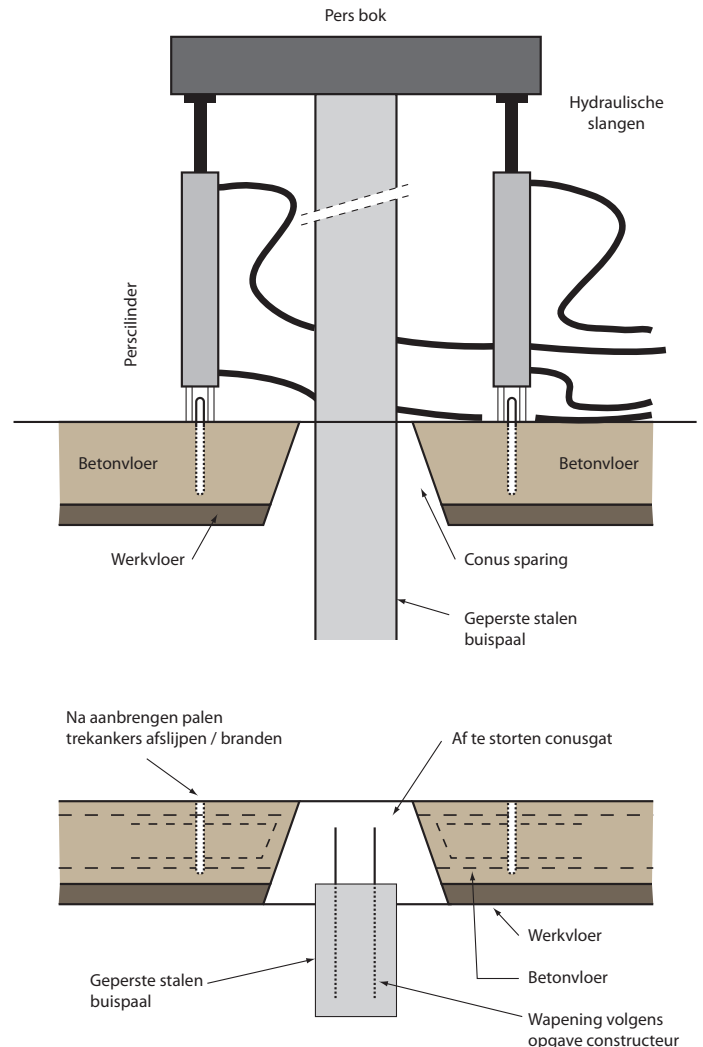
#### Betonvloer

In de betonvloer zijn voorzieningen nodig ten behoeve van het inpersen / indrukken (trekken) van de palen, zoals ingestorte ankers voor de bevestiging van de perscilinders, zie figuur 5-5. De vloer moet de belasting uit het pand over kunnen dragen naar de palen. Een gebruikelijke oplossing hiervoor is het toepassen van conusvormige sparingen, zie figuur 5-6.

Na het aanbrengen van de palen worden deze gewapend en vol gestort met beton. Hierna wordt het conusgat gewapend en vol gestort met beton. Meestal is extra wapening nodig rondom het conusgat, veelal in de vorm van haarspelden en enkele staven of beugels. De vorm van het conusgat en de wapening dienen te worden gecontroleerd op ponskrachten.

De nieuwe betonvloer moet de tijdelijke krachten door het inpersen van de stalen buispalen kunnen weerstaan en kunnen overbrengen naar het bovenliggende pand. Dit heeft onder andere betrekking op de wapening in de vloer. Hoe stijver de betonvloer, des te meer contra-gewicht uit de bovenliggende constructie gehaald kan worden.

Soms wordt tijdelijk ballast (loodblokken) op de vloer geplaatst om extra tegengewicht te creëren. De wapening van de vloer moet hierop zijn gedimensioneerd.



Figuur 5-6 Detaillering betonvloer (voorbeeld).

### 5.3.3 Bouwplaatsinrichting

Buiten het pand is ruimte nodig voor materiaalopslag en materieel. Het materiaal betreft de stalen buissegmenten, de zakken cement en het wapeningsstaal. Het materieel is beperkt tot de speciëmenger (voor het vullen van de stalen buispalen) en, indien van toepassing, het diesel-aggregaat, zie figuur 5-3.

### 5.3.4 Voor- en nadelen voor de eigenaar

#### Voordelen

Geperste stalen buispalen hebben als groot voordeel dat deze volledig trillingvrij zijn aan te brengen. Ook zijn geen grote installaties in het pand nodig om de palen aan te brengen. Voor geperste stalen buispalen zijn in het pand alleen perscilinders, een hydropomp en olieslangen benodigd. Doordat materieel en materiaal goed zijn te



hanteren, is de kans op schade aan het pand beperkt. Doordat de persopstelling wordt geassembleerd op de werkplek bestaat de mogelijkheid de pers op te stellen in een zeer kleine ruimte. Het verwijderen van wanden is daardoor slechts beperkt nodig. Ook kan in ruimten met een beperkte hoogte worden gewerkt. De persinstallatie maakt weinig geluid. Het meeste geluid komt van het diesel aggregaat (indien benodigd), dat veelal buiten staat opgesteld.

De betonvloer, die bij perspalen wordt aangebracht voorafgaand aan de paalinstallatie, kan tijdelijk extra vormvastheid (stabiliteit) aan het pand geven, waardoor de kans op schade tijdens de uitvoering afneemt. Indien gewenst, kan het pand na aanbrengen van alle palen in zijn geheel worden opgevijseld en horizontaal worden gezet, zie figuur 5-7. Hiervoor worden alle palen voorzien van handbediende of computergestuurde vijzels, die verankerd zijn aan de betonvloer. Nadat de hydraulische vijzels het pand naar het gewenste niveau hebben gebracht worden de palen definitief verankerd en vastgezet aan de betonvloer.



Figuur 5-7 Voorbeeld opvijzelen gebouw.

#### Nadelen

Perspalen zijn moeilijk / niet toepasbaar bij hoge grondweerstand. Dit blijkt veelal op voorhand uit de sondeergrafieken. Als pas tijdens de uitvoering blijkt dat de diepte niet gehaald kan worden, kan naheien een oplossing zijn. Hierbij ontstaan evenwel trillingen die schadelijk kunnen zijn voor het pand.

De betonvloer die voor het aanbrengen van perspalen moet worden gestort, geeft via de inkassingen in de omliggende muren een tijdelijke additionele belasting op de bestaande fundering van het pand. Dit kan leiden tot zakking en schade. Bij volledig funderingsherstel van

een geheel pand of een bouwkundige eenheid levert dit over het algemeen geen problemen op. De zetting zal dan redelijk gelijkmatig optreden en over het algemeen gering zijn. Wanneer funderingsherstel plaatsvindt bij een gedeelte van een bouwkundige eenheid kan het wel gevolgen hebben. Het gedeelte waar funderingsherstel plaatsvindt zal zich af kunnen tekenen in de aansluitingen met het gedeelte waar geen funderingsherstel plaatsvindt.

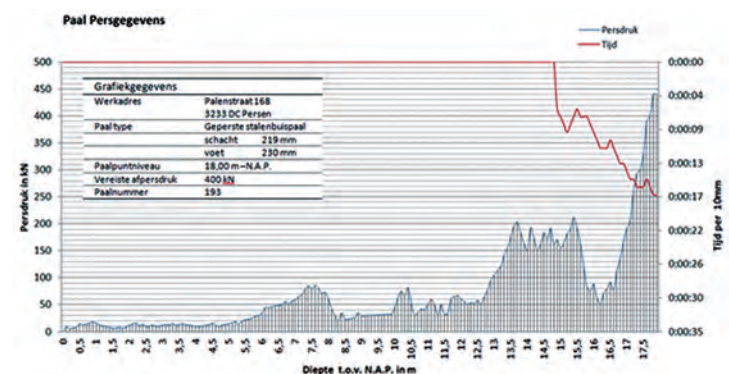
### 5.3.5 Toezicht / inspectie

#### Gewapend betonvloer

Voordat het beton wordt gestort moet gecontroleerd worden of de wapening en eventuele voorzieningen (trekankers) volgens tekening zijn aangebracht.

#### Palen

Een geperste stalen buispaal is redelijk goed en eenvoudig te controleren als het gaat om diepte, waterdichtheid en scheefstand, zie BRL 1710 waarin eisen aan de rechtheid en de waterdichtheid van de paal zijn gegeven. Belangrijk zijn de gemeten persdruk, de diepte en de persnelheid. Per paal dienen aan de hand van de verzamelde gegevens twee grafieken gemaakt te worden, zie figuur 5-8. Hierin zijn de persdruk of de perskracht en de snelheid van persen af te lezen. Het laatste deel van de grafiek over een lengte van 8 x diameter van de voetplaat ( $8D_{eq}$ ) is het belangrijkste, aangezien dit traject maatgevend is voor de draagkracht van de paal. De meetinstrumenten voor de registratie van de persdruk moeten regelmatig (ten minste 1 x per jaar) worden geijkt.



Figuur 5-8 Voorbeeld registratie persdruk over gehele hoogte.

## 5.4 Palen vanuit of onder de bouwmuren wegdrücken

### 5.4.1 Algemene beschrijving en toepassingsgebied

Het wegdrücken van palen vanuit of onder de bouwmuur kan toegepast worden bij op palen of op staal gefundeerde panden, mits is aangetoond dat het pand voldoende tegendruk kan leveren. Naast funderingsherstel kunnen de palen ook dienen voor het rechtzetten van scheef gezakte bouwwerken en/of voor het opvangen van hogere belastingen uit bijvoorbeeld een gebouwverhoging of bestemmingswijziging.

#### *Palen vanuit bouwmuur wegdrücken*

Op beganegrondniveau, kelder of kruipruimte worden ruime inkassingen in de muur gemaakt. Vanuit deze inkassingen wordt tussen de bestaande houten palen een verticaal gat in de bouwmuur geboord tot onderzijde fundering. In het geboorde gat kan een stalen mantelbuis (casing) worden aangebracht en met grout worden vastgezet, zie figuur 5-9 en 5-10.

In verband met de boogwerking in het metselwerk (zie 4.4) is de maximale afstand tussen de palen beperkt, veelal tot circa 2,0 m. Bij onvoldoende kwaliteit van het metselwerk kan voorafgaand aan het boren door middel van groutinjectie het metselwerk worden verbeterd.



Figuur 5-9 Wegdrücken paal vanuit kas in de bouwmuur met persframe.

In de inkassing wordt een stalen frame geplaatst, het zogenaamde persframe. Vanuit dit frame wordt met een hydraulische vijzel een stalen buispaal in segmenten in de grond gedrukt/geperst, waarbij de vijzel zich afzet

tegen de bovenliggende muur. Als vooraf over de gehele hoogte van de fundering een mantelbuis in het geboorde gat is aangebracht fungeert het gebouwgewicht vanaf de voet van de fundering als tegenwicht tijdens het persen.

De palen worden tot de berekende diepte geperst. Eventuele harde stoorlagen kunnen bij onvoldoende persdruk gepasseerd worden door middel van additionele tril/vibratietechniek in de paalkop. Wanneer de paal op diepte is wordt deze in de meeste gevallen afgespannen op een vooraf berekende drukkracht. Hiermee wordt bereikt dat de oorspronkelijke (paal)fundering nagenoeg spanningsloos is nadat alle nieuwe palen zijn aangebracht en opgespannen.

Vervolgens worden de palen en de ruimte tussen het metselwerk of, indien van toepassing, de mantelbuis en de paal voorzien van een groutvulling. De inkassing wordt dichtgemetseld en afgewerkt. Als de inkassingen zich boven de grondwaterspiegel bevinden, levert het grondwater geen hinder op. Een bemaling is derhalve niet nodig.

Door de geringe hoogte van het frame kan de uitvoering plaatsvinden in kelders en kruipruimten. Ook is toepassing mogelijk vanuit vertrekken boven het begane grondniveau.

#### *Palen onder bouwmuur wegdrücken*

Eerst wordt onder de vloer in de kruipruimte of buiten langs de gevel een sleuf gegraven tot ongeveer 1,25 m onder de bestaande funderingsbalk. Onder het hart van de bestaande betonbalk wordt met een vijzel een stalen buispaal in segmenten weggedrukt, waarbij de vijzel zich afzet tegen de bovenliggende muur. De verdere afwerking is als boven beschreven.

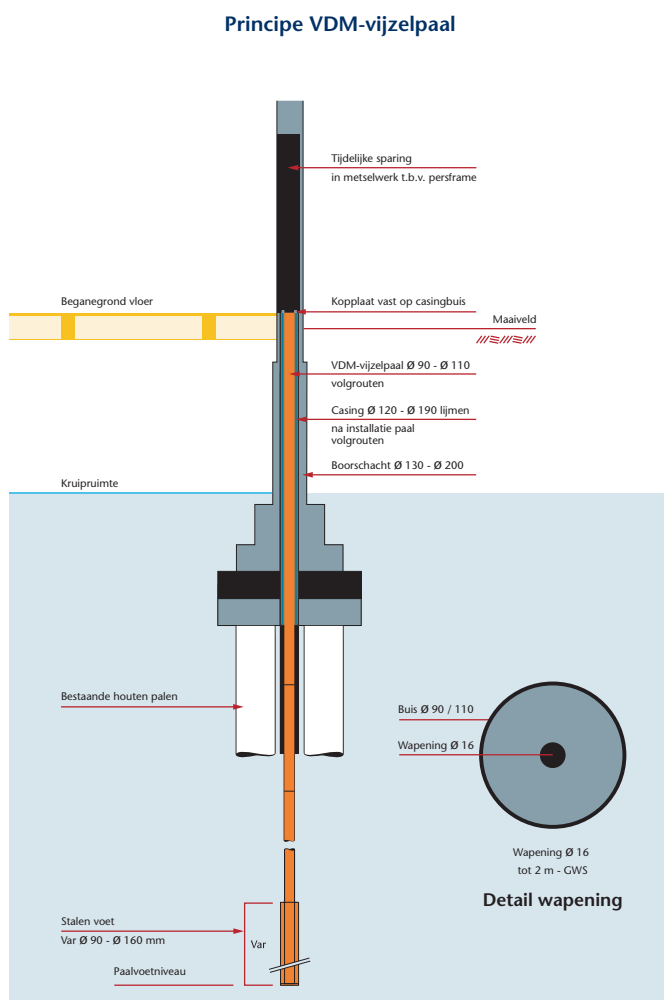
### 5.4.2 Ontwerpberekening

In aanvulling op hoofdstuk 4 geldt het volgende. Door het plaatsen van de paal in het hart van de bouwmuur wordt de paal hoofdzakelijk centrisc belast, zodat niet gerekend hoeft te worden met een uitwendig moment.

Bovendien is de paal gecontroleerd op uitknikken door de vijzelbelasting tijdens de installatie. Bij deze controle heeft de paal een grotere kniklengte dan in de gebruiksfase. Na dichtmetselen van de inkassing is het bovenste paaldeel ingeklemd waardoor de kniklengte is afgenomen en de constructieve draagkracht groter is geworden. gedurende de gebruiksfase treedt echter corrosie op, waardoor de

paalstijfheid afneemt. In CUR-publicatie 236 *Ankerpalen* [7] wordt nader ingegaan op de knikstabiliteit van slanke palen.

Een belangrijk onderdeel van de ontwerpberekening is de controle en toetsing van de sterkte van de muur (metselwerk).



Figuur 5-10 Weggedrukte paal vanuit kas in de bouwmuur.

### 5.4.3 Bouwplaatsinrichting

Langs de muren is een vrije werkstrook van 1,0 à 1,5 m vereist. De vijzelpalen kunnen worden geplaatst:

- vanaf de buitenzijde, eventueel onder straatniveau;
- in het pand, aan de meest gunstige zijde van de muur;
- in deuropeningen;
- in de kelder;
- in de kruipruimte, als deze ten minste 1,0 m hoog is.

Voor de opslag van materialen kan meestal gebruik worden gemaakt van een ruimte in het pand. Bij grote werken is een oppervlak ter grootte van ongeveer een parkeerplaats (circa 2,5 x 10 m<sup>2</sup>) benodigd. Al het gebruikte materieel en materiaal is zeer handzaam.

### 5.4.4 Voor- en nadelen voor de eigenaar

Voordelen van de methode zijn:

- de methode is toepasbaar vanuit kleine ruimte door het inzetten materieel met kleine afmetingen; de bewoners behoeven het pand meestal niet te verlaten;
- binnenwanden, vloeren en leidingen behoeven niet verwijderd te worden; soms moeten leidingen worden omgelegd;
- de (herinrichtings)kosten na het aanbrengen van de palen zijn vooraf goed te overzien en bestaan hoofdzakelijk uit stukadoorswerkzaamheden;
- de bouwtijd is relatief kort;
- de methode is geschikt voor partieel funderingsherstel (lokaal toevoegen van draagkracht);
- de methode is flexibel met nauwelijks blijvende sporen.

Nadelen van deze methode zijn:

- de methode is alleen toepasbaar als het pand voldoende reactiekracht kan leveren en het metselwerk sterk genoeg is om de vijzelkracht te kunnen weerstaan;
- de toepasbare paalafmeting is beperkt, waardoor ook de draagkracht per paal beperkt is. Voor een zwaar gebouw is dit ongunstig (veel palen op een korte afstand van elkaar nodig en dus ook veel inkassingen en verzwakking van het metselwerk).

### 5.4.5 Toezicht / inspectie

Na het op diepte drukken van een paal kunnen de diepte en de eventuele scheefstand gemeten worden door middel van een elektronisch schietlood in de paal. Bij te grote scheefstand moet de paal worden afgekeurd (te grote staalspanning). Aan de hand van de vijzelstaten moet het drukverloop vergeleken worden met het sondeerbeeld.

### 5.4.6 Oplevering

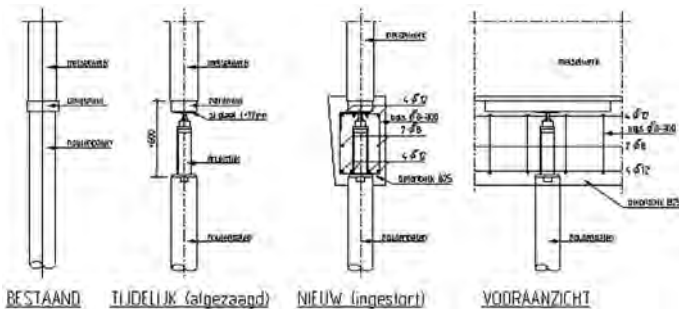
Ondanks het feit dat de nieuwe paalfundering op spanning is gezet, kan pas na een zekere wachttijd worden begonnen met het herstel van de scheuren en de overige bouwkundige werkzaamheden, zie 4.2.2.

## 5.5 Verlagen van houten paalkoppen

### 5.5.1 Algemene beschrijving en toepassingsgebied

Bij een fundering op houten palen kan een te lage grondwaterstand leiden tot droogstand van het hout, met houtrot als gevolg. Bij paalkopverlaging wordt, na het vrijgraven van de houten paalkoppen, het aangestaste gedeelte van de paalkop afgezaagd en vervangen door een stalen drukstuk, de spindel. Dit drukstuk wordt "ingepakt" in een opstort van gewapend beton, zie figuur 5-11.

Bij een klassieke houten paalfundering moet ook de houten balk boven de paalkoppen (het langs- en keshout) worden verwijderd en worden vervangen door een nieuw aan te brengen funderingsbalk in gewapend beton.



Figuur 5-11 Schets paalkopverlaging (voorbeeld).

Eerst wordt een toegang gemaakt in de stoep of voortuin en een doorgang in de gevel onder het maaiveld. De fundering wordt in de kruipruimte, onder de vloer, ontgraven waarbij de grond in een container wordt opgeslagen of wordt afgevoerd. Het grondwaterpeil wordt zo nodig tijdelijk verlaagd met een drainage aangesloten op een open bemaling. De paalkoppen worden één voor één afgezaagd op 0,5 m beneden de over een periode van minstens 1 jaar laagst gemeten grondwaterstand. Het afzagniveau moet altijd lager gekozen worden dan binnenonderkant (BOB) van het gemeenteriool om herhaling van droogstand te voorkomen.

De palen dienen na het afzagen proefbelast te worden door het stalen drukstuk op een vooraf bepaalde spanning te brengen. Hiertoe kan de paalkop worden voorzien van een instortvijzel. Na het proefbelasten wordt de paalkop ingestort in de betonbalk.

Bij paalkopverlaging wordt, in tegenstelling tot het aanbrengen van een nieuwe fundering, geen extra geo-

technische draagkracht toegevoegd. Na herstel zijn de paalkoppen in staat weer de oorspronkelijke draagkracht te leveren.

Paalkopverlaging is alleen toepasbaar als:

- de fundering bijna uitsluitend uit vuren houten palen bestaat, en;
- alleen de paalkop is aangetast, en;
- de rest van de fundering voldoet (voldoende draagkracht heeft), aangetoond met een lintvoegwa-terpassing en proefbelastingen van palen onder de bouwmuren.

### 5.5.2 Ontwerpberekening

Uitgaande van de gewichtsberekening en het bestaande palenplan wordt een zo goed mogelijke schatting gemaakt van de aanwezige paalbelasting. Zo mogelijk worden daarbij ook historische gegevens over houten paalfunderingen in Nederland betrokken.

Aangezien het hier feitelijk gaat om constructief herstel zouden geotechnische berekeningen niet strikt noodzakelijk zijn. Vanwege de omgevingsvergunning, zijn dergelijke berekeningen echter wel nodig omdat aangetoond moet worden dat de draagkracht van de paalfundering voldoende is.

De ontwerpberekening richt zich verder op de volgende onderdelen:

- de kwaliteit en de sterkte van het drukstuk (spindel);
- de aan te brengen paalbelasting - de vorm en de wapening van de betonbalk.

### 5.5.3 Bouwplaatsinrichting

Voor paalkopverlaging is geen grote bouwplaats nodig. In de meeste gevallen wordt volstaan met een schaft- en materiaalkeet (of container) ter grootte van twee parkeer- vakken. De grond die afgegraven wordt voor de paalkop- verlaging wordt in de meeste gevallen in de kruipruimte omgeslagen en hoeft dus niet afgevoerd te worden. De inzet en plaatsing van grondcontainers is dan niet nodig.

### 5.5.4 Voor- en nadelen voor de eigenaar

De voordelen van deze methode zijn:

- de kosten kunnen relatief laag zijn;
- het pand blijft in tact zodat de bewoners niet hoeven te verhuizen.

Nadeel van deze methode is:

- de achterblijvende houten palen kunnen verder

aangetast worden bij een toekomstige verdere daling van het grondwaterpeil.

### 5.5.5 Afspraken met de eigenaar

Omdat het pand tijdens de werkzaamheden gewoon in gebruik is, moeten, in aanvulling op het gestelde in 3.11, de bewoners tijdig worden ingelicht, bijvoorbeeld zodra een van de nutsvoorzieningen in verband met omleggen voor een korte periode wordt afgesloten.

### 5.5.6 Toezicht / inspectie

Tijdens de uitvoering moeten de volgende zaken goed gecontroleerd worden:

- het afzaagniveau van de palen;
- het verwijderen van alle slechte delen uit de achterblijvende paal;
- indien van toepassing, het verwijderen van het langs- en keshout;
- het proefbelasten en op spanning zetten van de palen;
- de wapening in de balk.

### 5.5.7 Oplevering

Nadat de aannemer klaar is met de werkzaamheden dient de kruipruimte weer schoon en vlak opgeleverd te worden. Omdat de werkzaamheden geschieden vanuit de kruipruimte zijn er, na het dicht metselen van de tijdelijke toegang tot de kruipruimte, geen vervolgwerkzaamheden. Aangezien de palen na het afzagen één voor één op de oorspronkelijke spanning zijn gezet, vindt eerst een herverdeling van krachten plaats. Daarna kan worden begonnen met het herstel van de scheuren.

### 5.5.8 Garantie

De normale garantie is van toepassing mits gegarandeerd kan worden dat de omgevingsfactoren (zoals grondwaterstand) gelijk blijven.

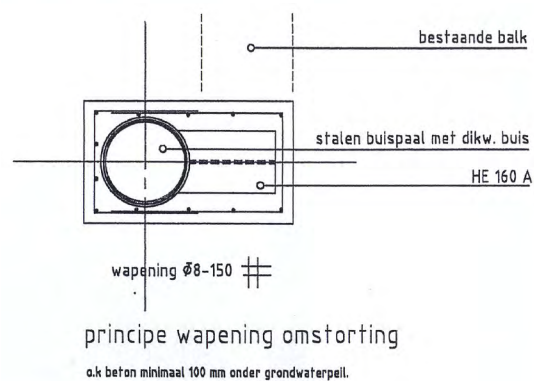
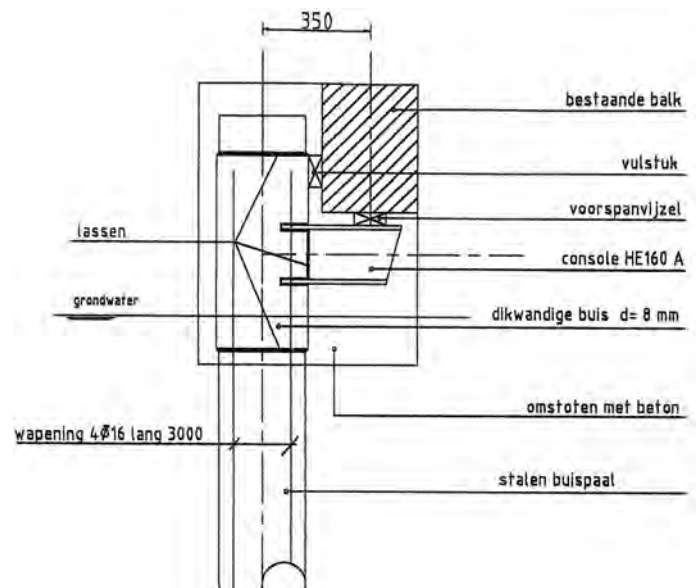
## 5.6 Paalfundering met randbalken en/of consoles

### 5.6.1 Algemene beschrijving en toepassingsgebied

Bij funderingsherstel met randbalken wordt de bestaande paalfundering vervangen door aan de binnenzijde van de dragende muren een gewapende betonbalk op nieuwe palen aan te brengen. Eerst wordt een strook van circa 1 m breedte uit de vloer gesloopt. In deze strook worden palen aangebracht, veelal inwendig geheide stalen

buispalen. Na het hakken van inkassingen in de bestaande muur in de kruipruimte wordt boven de palen een gewapende betonbalk aangebracht.

Als (plaatselijk) funderingsversterking onder een bestaande funderingsbalk nodig is, kan een op palen gefundeerde console uitkomst bieden. Deze paal kan aan de buitenzijde of aan de binnenzijde van het pand worden aangebracht. Ofwel wordt langs de gevel een sleuf gegraven ofwel wordt een strook van circa 1 m breedte uit de vloer gesloopt. Dicht tegen de muur wordt vervolgens een stalen buispaal aangebracht. Op de paalkop wordt een korte stalen dwarsbalk (console) geplaatst. Na voor- gespannen tegen de bestaande funderingsbalk wordt de paalkop met console ingestort in beton, zie figuur 5-12.



Figuur 5-12 Paalfundering met console. Boven: verticale doorsnede, onder: horizontale doorsnede.

### 5.6.2 Ontwerpberekening

In aanvulling op hoofdstuk 4 geldt dat de paalbelasting in dit geval niet alleen bestaat uit de verticale belasting (gebouwgewicht) maar ook uit een buigend moment op paalkop. De paalkop en de wapening moeten daarop gedimensioneerd worden.

### 5.6.3 Voor- en nadelen voor de eigenaar

Het voordeel van de methode is dat de bestaande constructie wordt benut. De beganegrondvloer blijft (grotendeels) behouden. Een nadeel kan zijn dat tijdens de uitvoering sprake is van enige aantasting van het woongenot.

### 5.6.4 Oplevering

Bij randbalken binnen de gevel moet erop gelet worden dat een nieuw kruipluik gemaakt wordt waardoor het mogelijk is om in de kruipruimte te komen.

## 5.7 Paalfundering met voorgespannen betonbalken

### 5.7.1 Algemene beschrijving en toepassingsgebied

Bij de in deze paragraaf beschreven methode worden eerst nieuwe funderingspalen buiten het pand aangebracht, namelijk ter plaatse van de aansluiting van de bouwmuren op de voor- en achtergevel. In veel gevallen worden stalen buispalen gebruikt.

Vervolgens worden, voor zover noodzakelijk, de bouwmuren in pandig en beneden de beganegrondvloer aan één of aan beide zijden vrij gemaakt. Deze werkzaamheden geschieden vanuit de kruipruimte. Naast de op te vangen bouwmuur/muren worden betonbalken aangebracht, die de bouwmuur via inkassingen opvangen, zie figuur 5-13. De bouwmuren worden hierdoor "opgesloten" door de betonbalk. Tussen de langsbalken worden soms de benodigde dwarsbalken (koppelbalken) aangebracht.

Naast de normale wapening worden in de betonbalk voorspankabels (hoogwaardig staal) in omhullingbuizen aangebracht. De omhullingbuizen hebben een zekere kromming en zijn voorzien van spankoppes. Na voldoende verharding van de balken worden de kabels gespannen met behulp van spanvijzels, aangebracht op de kopse zijde van de balken.

De bouwmuren worden op deze wijze via de nieuwe betonbalken door de nieuwe funderingspalen gedragen, zie figuur 5-14. De nieuwe funderingspalen worden tijdens het afspannen van de funderingsbalk ook direct op spanning gebracht. Hiermee wordt mogelijke nazetting zoveel mogelijk beperkt / voorkomen. Na het spannen van de kabels worden de omhullingbuizen met grout geïnjecteerd als bescherming tegen corrosie en optimalisering van de krachtsafdracht. De spankoppes worden ook geconserveerd ter bescherming; deze worden in beton gestort dan wel getectyleerd.

Beperkende voorwaarden voor toepassing van de methode zijn:

- de lengte van de bouwmuren mag niet groter zijn dan circa 10 m;
- de aanwezige kabels en leidingen in verband met de paallocaties.

### 5.7.2 Ontwerpberekening

In aanvulling op hoofdstuk 4 geldt het volgende. De specifieke aandachtspunten van voorgespannen beton in combinatie met bestaand metselwerk spelen een belangrijke rol in de ontwerpberekeningen.

### 5.7.3 Bouwplaatsinrichting

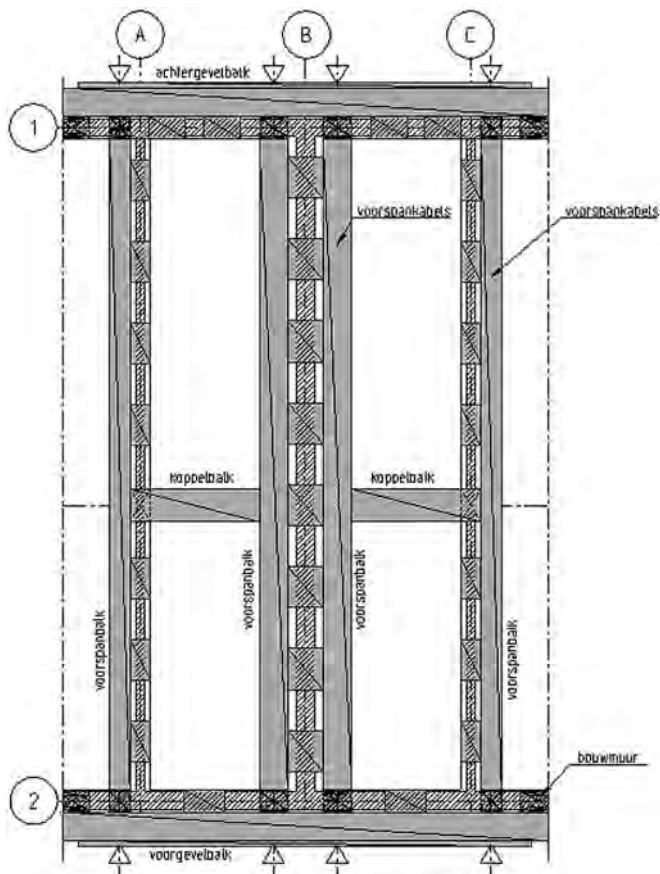
owel aan de voor- als aan de achterzijde van de panden is een vrije ruimte nodig over een breedte van 2,0 m ten behoeve van het aanbrengen van de palen en de gevelbalken. Daarnaast is voldoende ruimte nodig voor de opslag van materieel en materiaal (ongeveer ter grootte van enkele parkeerplekken).

Ten behoeve van de bereikbaarheid van de kruipruimte wordt in de gevel een tijdelijke doorgang gemaakt.

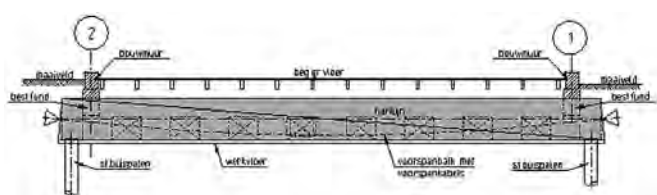
### 5.7.4 Voor- en nadelen voor de eigenaar

De voordelen van deze methode zijn:

- het pand blijft in tact zodat de bewoners niet hoeven te verhuizen; zo nodig kan worden voorzien in een tijdelijke toegang tot het pand;
- er zijn geen extra kosten, zoals voor terugplaatsen stoffering, keuken en sanitair;
- de nieuwe funderingspalen nemen direct na het spannen van de balken de functie van de oorspronkelijke fundering over. Door het afspannen van de palen vindt nagenoeg geen nazetting plaats;
- systeem is te combineren met andere funderingsherstel systemen.



Figuur 5-13 Bovenaanzicht pand met voorspanbalken.



Figuur 5-14 Aanzicht voorspanbalk.

Nadelen van deze methode :

- niet alle panden zijn qua vorm en afmeting geschikt voor deze methode;
- de methode is doorgaans duurder dan een tafelconstructie (zie 5.3). Vanwege de geringe bijkomende kosten zegt dit evenwel niets over de totale projectkosten;
- meestal moet het kruipluik naar de kruipruimte verplaatst worden omdat de nieuwe betonbalk in de weg zit;
- eventuele maatregelen ten behoeve van (in het trottoir) aanwezige kabels en leidingen kunnen leiden tot bijkomende kosten;
- het verwijderen vervuilde grond, indien aanwezig,

werkt kostenverhogend;

- tuinen dienen nadien over de eerste meters opnieuw ingericht te worden.

### 5.7.5 Afspraken met de eigenaar

Omdat het pand tijdens de werkzaamheden gewoon in gebruik is moeten, in aanvulling op het gestelde in 3.11, de bewoners tijdig worden ingelicht. Bijvoorbeeld zodra een van de nutsvoorzieningen in verband met omleggen voor een korte periode wordt afgesloten.

### 5.7.6 Toezicht / inspectie

Mede vanwege de specialistische werkzaamheden moeten toezicht en inspectie op de werkzaamheden goed geborgd zijn. Dit betreft in dit geval voornamelijk de aan te brengen voorspanning. Naast controle via het interne controlesysteem van de aannemer is het aan te bevelen dat het ontwerpende ingenieursbureau de werkzaamheden en de gemeten waarden controleert.

### 5.7.7 Oplevering

Nadat de aannemer klaar is met de werkzaamheden dient de kruipruimte weer schoon en vlak opgeleverd te worden. Omdat de werkzaamheden geschieden vanuit de kruipruimte zijn er, na het dichtmetselen van de tijdelijke toegang tot de kruipruimte, geen vervolgwerkzaamheden. Ondanks het feit dat de nieuwe paalfundering op spanning is gezet, kan pas na een zekere wachttijd worden begonnen met het herstel van de scheuren en de overige bouwkundige werkzaamheden, zie 4.2.2.





# 6 Herstelmethode bij fundering op staal

## 6.1 Inleiding

Funderingen op staal worden toegepast als de bodem direct onder het gebouw voldoende draagkracht heeft om het gewicht van het gebouw te dragen. In Nederland bestaat zo'n ondiepe draagkrachtige laag meestal uit zand. Ook op stijve leem en harde klei is evenwel een fundering op staal mogelijk. Als tot beperkte diepte slecht draagkrachtige lagen aanwezig zijn, kan toch een fundering op staal worden toegepast mits deze lagen worden vervangen door een goed verdichte zandlaag. Dit wordt grondvervangings of grondverbetering genoemd.

Bij een fundering op staal heeft de dragende muur een verbrede voet van metselwerk of beton. Schade bij zo'n fundering kan het gevolg zijn van een afwijkende bodemopbouw, een te smalle fundering, een slecht uitgevoerde grondverbetering, verlaging van de grondwaterstand, langdurige droogte, naburige bouwwerkzaamheden en/of lekkage van waterleiding en/of riolering (onderspoeling van een fundering op staal).

Het funderingsherstel kan in dat geval bestaan uit stabilisatie door middel van grond- en bodeminjecties. Met deze injectietechnieken wordt de grond onder een verzakkende of instabiele fundering verdicht of worden de grondeigenschappen zo veranderd dat weer een stabiele situatie ontstaat. Verdere verzakking van de fundering wordt hiermee voorkomen. In sommige gevallen kan de opgetreden zetting van de fundering zelfs worden opgeheven.

Naast stabilisatie van de ondergrond kan onderzocht worden of de bestaande fundering kan worden versterkt met behulp van een gewapend betonbalk, waarmee het draagvlak van de fundering wordt vergroot.

Als het onderzoek aangeeft dat geen van beide methoden mogelijk is, rest als enige mogelijkheid het aanbrengen van een paalfundering volgens de tafelmethode (zie 5.3) of het wegdrukken van palen vanuit de bouwmuren (zie 5.4). Meestal zijn hierbij extra constructieve voorzieningen nodig omdat de constructie van een op staal gefundeerd pand in de regel niet zonder meer geschikt is voor een paalfundering. Ook gelden bij een op staal gefundeerd pand beperkingen ten aanzien van graafwerk nabij de fundering.

*Vrijgraven bestaande fundering op staal*

Afhankelijk van de omstandigheden kan het nodig zijn

de bestaande fundering op staal vrij te graven. Dit moet voorzichtig en zorgvuldig geschieden. Het weggraven van grond naast een fundering op staal leidt tot een verminderde draagkracht van de (bestaande) fundering. Hierdoor kan de fundering zakkings ondergaan. Beneden een bestaande fundering op staal mag in geen geval grond worden ontgraven.

## 6.2 Fundatiestabilisatie met expansieharsen

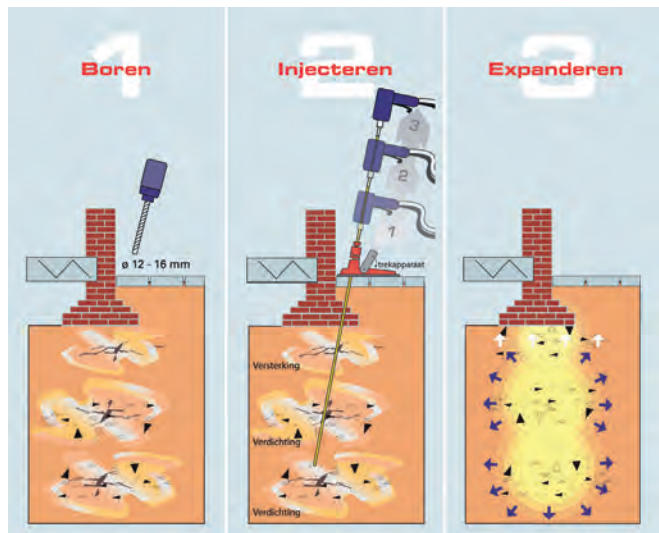
### 6.2.1 Algemene beschrijving en toepassingsgebied

Grondstabilisatie door middel van injecties met expansieharsen is een methode om de draagkracht van een fundering op staal en de stijfheid van de ondergrond te vergroten, waardoor de zakkings van een fundering op staal kan worden tegengegaan.

In de bodemlagen wordt op verschillende dieptes een tweecomponenten expansiehars geïnjecteerd die direct na de injectie in de ondergrond reageert en krachtig uitzet, zie figuur 6-1 en figuur 6-2. Het volume van de geïnjecteerde hars neemt zo sterk toe dat de ter plaatse aanwezige grond wordt verdrongen en de bodem zelfs openspleijt. Deze vrijgekomen ruimten worden geheel gevuld met de geëxpandeerde hars. Daardoor wordt, bij voldoende injectiepunten, het grondmassief rondom de injectiepunten opgetild, inclusief de zich daarin bevindende fundering. Door het aantal injectiepunten en de hoeveelheid te injecteren hars zorgvuldig te kiezen zijn hoogtecorrecties in de constructie goed mogelijk. Het injecteren van de expansiehars vergroot de draagkracht van funderingen door de bodem onder de funderingen op te spannen. Door het verdringen van de grond neemt ook het poriënvolume in de grond af en nemen de sterkte en de stijfheid toe.



Figuur 6-1 Boren, injectielans plaatsen en injecteren.



Figuur 6-2 Injecteren met expanderende harsen.

#### Toepassingsgebied

De methode wordt toegepast om funderingen van scheef gezakte panden te ondersteunen, hoogtecorrecties uit te voeren (recht zetten) of om verzakte vloeren weer op niveau te brengen (zie ook 6.4). Onvoldoende draagkrachtige bodemlagen worden met de injectietechniek versterkt. Ook onder funderingsplaten en machiefundamenten kan de stijfheid en draagkracht worden vergroot door het massief onder funderingen op te spannen. Ook de gevolgen van het wegspoelen van zand onder fundaties, zoals vaak voorkomt bij lekkende riolen, waterleidingen of bouwputten, kunnen met de injectiemethode teniet worden gedaan, evenals verzakkingen veroorzaakt door trillingen, ontgravingen of overbelasting van de bodem.

#### Injectielansen

Via injectielansen (dunne stalen buizen) wordt de expansiehars in vloeibare vorm in de ondergrond geïnjecteerd. Daartoe worden direct naast de buitenmuur op de gewenste locaties met behulp van (hand)boormachines kleine gaten van circa 15 mm doorsnede in de grond geboord waarin de injectielansen worden aangebracht. Vanwege de kleine boordiameter is de grondverstoring minimaal.

Tijdens het injecteren wordt de lans langzaam teruggetrokken met een trekapparaat. Door de krachtig opzwellende hars worden de grondlagen op verschillende dieptes opgespannen. Onder voortdurende bewaking van druk, stroomsnelheid, menging en hoeveelheid wordt

de vloeistof in de grond geïnjecteerd. De te injecteren hoeveelheid injectievloeistof is afhankelijk van de grondsaamenstelling, de ligging van de grondwaterspiegel en de te dragen gebouwlasten of de te bereiken hoogtecorrecties.

#### Verharding

Vrijwel direct na het injecteren verhardt de geïnjecteerde expansiehars in de ondergrond. Na ongeveer 45 minuten is de expansiehars voor circa 75% verhard. Na ongeveer 1 dag heeft de geïnjecteerde expansiehars een gemiddelde druksterkte van 0,5 tot 1,5 N/mm<sup>2</sup>. De sterkte van de geïnjecteerde grond hangt af van de grondsoort. De expansiedruk van de geïnjecteerde hars bedraagt max. 5000 kPa. Vanwege de korte reactietijd wordt tijdens het injecteren en de verharding geen hinder ondervonden van grondwaterstroming.

#### Systeembependingen

De techniek is zeer geschikt voor toepassing in zand, silt, leem en overgeconsolideerde klei, maar minder of niet in slappe klei of veen. In goed doorlatende bodemlagen kan tijdens het expanderen van de hars het water gemakkelijk wegstromen, zodat direct de korrelspanningen toenemen en daarmee ook de draagkracht van de fundering. In normaal geconsolideerde slappe klei- en veenlagen leidt de expanderende hars echter ook tot wateroverspanningen. Als die na enige tijd wegvloeien (consolideren) leidt dat tot samendrukking van de grond. Injecteren van hars kan in elke grondsoort plaatsvinden, maar de effectiviteit neemt af naarmate de grond slechter doorlatend en meer samendrukbaar is. Het bodemonderzoek geeft hier inzicht in.

De maximale diepte die bereikt kan worden met de injectietechniek bedraagt op dit moment circa 6 m. Zijn de probleemzones dieper gelegen, dan zal voor een andere herstelmethode gekozen moeten worden.

#### Milieuhygiënische aspecten

Bij bodeminjecties is het Besluit Bodemkwaliteit van toepassing als bouwstoffen worden gebruikt, die voor meer dan 10 gewichtsprocenten bestaan uit calcium, silicium of aluminium. Dat is bij de toegepaste harsen niet het geval, zodat deze harsen niet vallen onder het Besluit Bodemkwaliteit. In de loop der jaren zijn verschillende uitloogproeven in onafhankelijke laboratoria uitgevoerd om aan te tonen dat de toegepaste expansieharsen niet schadelijk zijn voor omgeving en milieu. Uit deze onderzoeken blijkt dat de toegepaste expansieharsen het grondwater en zelfs drinkwater niet verontreinigen (onderzoek 2011) en

niet schadelijk zijn voor organismen (onderzoeken 1994 en 2006).

Bodemlagen die verontreinigd zijn met zwaar oliehoudende producten kunnen de reactie van het materiaal negatief beïnvloeden.

### 6.2.2 Ontwerpberekening

Voorafgaand aan het ontwerp wordt onderzoek verricht naar de bodemopbouw en de grondwaterstand, zie 3.6.1. Het bodemonderzoek moet ten minste de volgende gegevens opleveren:

- sondeergrafieken met conusweerstand en vrijvingsgetal (diepte ten minste circa 10 m). Vanwege mogelijke verschillen in bodemopbouw is het aan te bevelen zo dicht mogelijk naast de fundering ten minste twee sonderingen uit te voeren;
- boorstaat (aanbevolen op ten minste twee locaties) tot de onderkant van het te injecteren grondmassief met een minimum van circa 4 m;
- actuele grondwaterstand.

Aan de hand van de schadeanalyse en de rapportage van het bodemonderzoek wordt bepaald vanaf welke diepte de bodem geïnjecteerd wordt en hoe het injectielichaam eruit komt te zien. De rapportage van het bodemonderzoek vormt de basis voor het behandelplan. In dit behandelplan staat een plattegrond waarop de te behandelen fundering is weergegeven. Tevens worden in het behandelplan de afzonderlijke injectiepunten en injectiedieptes aangegeven.

### 6.2.3 Bouwplaatsinrichting

Voorafgaand aan de injectiewerkzaamheden hoeft de te behandelen fundering niet te worden vrij gegraven. Voor aanvang van de injectiewerkzaamheden wordt een nulpunt vastgesteld dat zal dienen als referentiepunt tijdens de monitoring.

De injectiepompen, het gereedschap en de injectievloeistoffen blijven tijdens de werkzaamheden in de vrachtwagen staan. De injectievloeistof wordt via slangen en injectielansen in de grond geïnjecteerd. Tussen vrachtwagen en de te behandelen fundering is een ruime afstand mogelijk (max. 65 m). Bij grotere afstand tussen vrachtauto en werkplek bestaat de mogelijkheid om de injectiepompen en injectievloeistoffen uit te laden en op de werkplek op te stellen. De vrachtwagen beschikt over een eigen stroomvoorziening.

### 6.2.4 Voor- en nadelen voor de eigenaar

Het grootste voordeel van injecteren met expansieharsen is dat het pand gewoon in gebruik kan blijven tijdens de uitvoering van de werkzaamheden. De overlast is beperkt en er is geen aantasting van het woongenot. De methode kan worden toegepast zonder noemenswaardige aanpassing van panden (geen verwijdering van vloeren en groenvoorzieningen), omdat het aanbrengen van de lans en het injecteren met klein gereedschap kan worden uitgevoerd. Voor deze werkzaamheden is geen omgevingsvergunning nodig.

Ook de duur van de herstelwerkzaamheden is kort. Het funderingsherstel kan in één of enkele dagen worden afgerond. De techniek is geheel trillingsvrij en de fundering hoeft niet te worden vrij gegraven. Na het opstellen van het behandelplan vraagt de methode weinig voorbereiding en kan snel worden ingezet. Naburige bemalingen kunnen tijdens de uitvoering in werking blijven omdat de methode niet gevoelig is voor grondwaterstroming.

#### Nadelen

Bij met expansiehars geïnjecteerde grond bestaat kans op nazetting indien de ondergrond uit slappe, overwegend klei- en veenhoudende bodemlagen bestaat. Bij gereede twijfel is een andere herstelmethode beter op zijn plaats. Het bodemonderzoek verschaft duidelijkheid over dit punt.

### 6.2.5 Toezicht / inspectie

Voor aanvang van de daadwerkelijke injectiewerkzaamheden worden enkele proefinjecties in plastic zakken uitgevoerd om de kwaliteit en expansie van de injectievloeistof te controleren. Tijdens de injectiewerkzaamheden vindt continue controle van kwaliteit van de geïnjecteerde hars en het niveau van de constructie (middels lasercontrole) plaats. Door deze continue lasercontrole zijn hoogtecorrecties tot op de millimeter nauwkeurig mogelijk. Ook is er een permanente visuele controle rondom de pand en in de kruipruimte gedurende de injectiewerkzaamheden.

Eventueel kan de kwaliteit van de geïnjecteerde grond door middel van (hand)sonderingen worden gecontroleerd. De omvang van het geïnjecteerde massief kan alleen globaal worden vastgesteld door middel van sonderingen. Er bestaan geen betrouwbare rekenregels waarmee de omvang kan worden afgeleid uit de gemeten debieten en injectiedrukken.

### 6.2.6 Oplevering

Na de uitvoering van de werkzaamheden moet het pand zich gaan zetten. Het is daarom raadzaam na voltooiing van de werkzaamheden niet direct te beginnen met de definitieve reparaties van scheuren.

### 6.2.7 Garantie

Zie het gestelde in 3.15. Uit verschillende materiaalonderzoeken is gebleken dat de expansiehars onder normale omstandigheden minimaal 30 jaar mee gaat. Op de daadwerkelijke uitvoering van het injectiewerk geldt een garantietermijn van max. 5 jaar, afhankelijk van de uitkomsten van het bodemonderzoek.

## 6.3 Fundatiestabilisering met waterglasinjecties

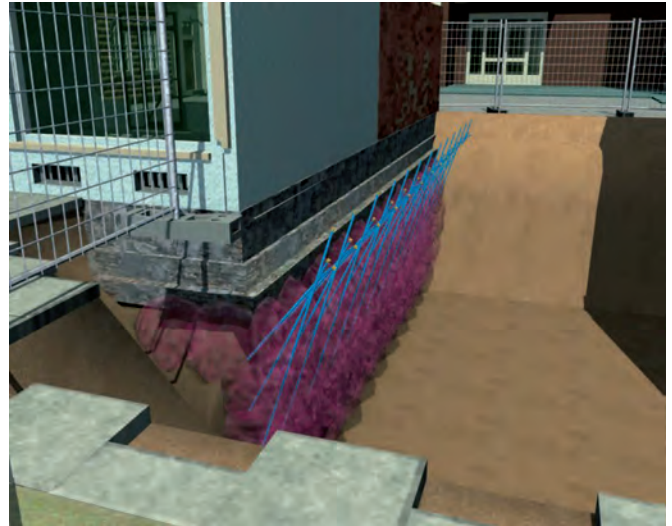
### 6.3.1 Algemene beschrijving en toepassingsgebied

Grondstabilisatie door middel van bodeminjectie (ook permeation grouting genoemd, zie figuur 6-3) is een methode om de constructieve eigenschappen<sup>10</sup> van het zand onder funderingen op staal te verbeteren. Dit type bodeminjectie kan alleen worden uitgevoerd in zand en niet in klei en veen. In de poriën van de zandlaag wordt een injectievloeistof gespoten. Een goede en beheerste verspreiding van het injectiemiddel in de bodem is van groot belang. De doorlatendheid van de te injecteren zandlaag moet daarom voldoende hoog zijn. Een hoog gehalte fijn materiaal in het zand, zoals silt en klei, zorgen voor een lage doorlatendheid waardoor een homogene verspreiding rondom het injectiepunt belemmerd wordt.

De meestal toegepaste injectievloeistof is een mengsel van waterglas (50 à 60%), harder (6 à 8%) en water. Met dit mengsel worden de korrels van het zand aan elkaar gelijmd. De korrelstapeling van het zand blijft hierbij ongewijzigd. De concentratie van de harder en het vaste stofgehalte en poriënstructuur van het zand zijn bepalend voor de te bereiken druksterkte.

Het geotechnisch grondonderzoek (zie 3.6.1) geeft uitsluitsel over de toepasbaarheid van de methode. De aanwezige grondslag en met name de doorlatendheid van het zand bepaalt de snelheid waarmee geïnjecteerd kan worden. Als er te snel gepompt wordt, zal het injectie-

middel zich ongecontroleerd verspreiden met een slecht resultaat als gevolg.



Figuur 6-3 Principeschets bodeminjectie.

**Acrylaatgel** Een recente ontwikkeling is het gebruik van een acrylaatgel als alternatief voor het waterglasmengsel. Bij gebruik van acrylaatgel is de reactietijd korter en is de bereikte druksterkte van het geïnjecteerde zand hoger dan bij gebruik van een waterglasmengsel.

#### *Injectieslangen en manchettenbuizen*

Bij het injecteren in de bodem worden in een vooraf bepaald raster onder de fundering op verschillende diepten injecties uitgevoerd. Hiervoor zijn verschillende technieken beschikbaar:

- injectielansen (dunne stalen buizen) die tijdens het injecteren meestal stapsgewijs omhoog getrokken worden. Dit wordt ook wel *direct-push* genoemd;
- injectieslangen waarmee op 1 plaats op een bepaalde diepte geïnjecteerd kan worden;
- manchettenbuizen die voorzien van injectiepunten om de 0,33 m à 0,50 m die afgesloten zijn door middel van rubber manchetten. In de buis wordt een zogeheten *packer* ingebracht die ervoor zorgt dat er bij iedere manchet afzonderlijk geïnjecteerd wordt.

Voor het inbrengen van injectielansen, -slangen en manchettenbuizen kunnen verschillende technieken zoals trillen, spoelen en/of boren (figuur 6-4) gebruikt worden. Tot 4 à 6 m kan de uitvoering handmatig gebeuren. Daarboven is de inzet van een boorstelling noodzakelijk.

<sup>10</sup> Met bodeminjectie kan ook de waterdoorlatendheid van de grond worden beperkt, maar dat valt buiten het kader van deze publicatie.

De keuze is afhankelijk van de voorkeur van het uitvoerende bedrijf. Voor alle technieken geldt dat puin en/of andere obstakels een grote belemmering vormt / vormen. Puin met een beperkte afmetingen vormt in de regel geen probleem voor een boorstelling.



Figuur 6-4 Aanbrengen injectielansen met boorstelling.

Voor het injecteren worden pompen ingezet die veelal voorzien zijn van een batchcontroller dan wel van een computerbesturing die de druk, de stroomsnelheid en de hoeveelheid liters per injectiepunt regelt. De te injecteren hoeveelheid injectievloeistof is afhankelijk van het poriegehalte van het zand (de aanwezige 'ruimte' tussen de zandkorrels) en de afmeting van het te realiseren injectielichaam.

#### Verharding

Na ongeveer 24 uur is het met een waterglasmengsel geïnjecteerde zand voor circa 50% verhard. Na ongeveer 7 dagen heeft het geïnjecteerde zand een gemiddelde druksterkte van 1,0 tot 1,5 N/mm<sup>2</sup>.

#### Toepasbaarheid / Systeembependingen

Injectie met een waterglasmengsel kan alleen in goed doorlatend zand worden uitgevoerd. Bij een hoog gehalte aan fijn materiaal (klei, silt en leem) en/of humus is de methode niet toepasbaar. Klei en veen zijn ongeschikt voor injecties met een waterglasmengsel. Dunne stoorlagen (< 5 mm) in de vorm van klei en veen hoeven echter niet altijd een probleem te zijn.

Tijdens het injecteren en de verharding mag slechts een zeer beperkte, natuurlijke grondwaterstroming aanwezig zijn. Naburige bemalingen moeten worden uitgezet tot 24 uur na het beëindigen van de injectiewerkzaamheden. Bij vorst kan niet worden geïnjecteerd, tenzij voldoende beschermende maatregelen zijn genomen.

#### Milieuhygiënische aspecten

Op het injecteren met waterglas in de bodem is BRL 9339 [11] van toepassing. Bedrijven die hiervoor gecertificeerd zijn, voldoen hiermee aan de eisen van het Besluit Bodemkwaliteit. Het voldoen aan de eisen van dit besluit is een voorwaarde om in de bodem te mogen injecteren.

### 6.3.2 Ontwerpberekening

Zie hiervoor het gestelde in 6.2.2. Voor bodeminjectie geldt in aanvulling daarop dat bij twijfels over de injecteerbaarheid het noodzakelijk is de korrelverdeling (zeefkromme) en het humusgehalte van enkele grondmonsters te bepalen. De stromingsweerstand van het zand kan afgeleid worden uit de zeefkromme. De pakingsdichtheid van het zand kan worden afgeleid uit de sondeergrafieken.

### 6.3.3 Bouwplaatsinrichting

De fundering waaronder geïnjecteerd moet worden, moet bereikbaar zijn. De hiervoor benodigde ruimte hangt af van de afmetingen van het injectielichaam, de diepte tot waar geïnjecteerd moet worden en het in te zetten materieel. Indien niet bekend is wat de afmetingen van de fundering zijn, moeten enkele proefsleuven worden gegraven.

De injectiepompen kunnen op een wagen blijven staan maar even goed kunnen ze in een gebouw direct bij het te injecteren plek geplaatst worden. De pompen zijn compact en gemakkelijk verplaatsbaar.

Bij het injecteren van waterglas wordt een mengsel van 300 tot 400 liter van waterglas, harder en water per m<sup>3</sup> te injecteren grond verpompt. Er moet voldoende ruimte, bij voorkeur minimaal voldoende voor de dagproductie, beschikbaar zijn om het waterglas op te slaan.

De injectievloeistof wordt meestal met behulp van slangen vanaf de opslagplaats naar de injectielocatie getransporteerd. Een afstand tussen pomp en injectielocatie van 65 m is meestal goed haalbaar. Voor de werkzaamheden zijn elektrische stroom (220 V / 16 A) en leidingwater (circa 2 à 3 m<sup>3</sup>/u) nodig. Er zijn aannemers die een eigen stroom- en watervoorziening meebrengen.

### 6.3.4 Voor- en nadelen voor de eigenaar

Het grootste voordeel van bodeminjectie is dat het pand gewoon in gebruik kan blijven tijdens de uitvoering van de werkzaamheden. De overlast voor de omgeving is beperkt. De techniek is geheel trillingsvrij. Injectie met een waterglasmengsel veroorzaakt geen verticale en horizontale deformaties in de grond.

### 6.3.5 Afspraken met de eigenaar

In aanvulling op het gestelde in 3.11 geldt voor deze techniek het volgende:

- afhankelijk van de aannemer kan van de eigenaar worden verlangd dat deze kosteloos stroom (220 V / 16 A) en leidingwater (circa 2 à 3 m<sup>3</sup>/u) ter beschikking stelt tot op maximaal 25 m van het werk.

### 6.3.6 Toezicht / inspectie

Tijdens het injectieproces kunnen de flow, de totale hoeveelheid en de injectietijd per injectiepunt continu geregistreerd worden. Hieruit kan afgeleid worden of tijdens het injecteren voldaan is aan de procesparameters. Ook wordt enkele malen (bijvoorbeeld 3x) per dag een proefbeker gevuld met de toegepaste injectievloeistof. Bij de verharding van dit proefmengsel wordt de reactietijd van het mengsel vastgesteld en geregistreerd.

Na gereedkomen van de werkzaamheden worden de meetformulieren van het injectiesysteem (injectiestaten) gecontroleerd. De verharding van het injectielichaam kan door middel van prikken steekproefsgewijs worden gecontroleerd. Als de grond plaatselijk onvoldoende hard is geworden, zijn na-injecties nodig (herhalingsinjecties).

Eventueel kan de kwaliteit van de geïnjecteerde grond door middel van een boring en monsternamen en een laboratoriumonderzoek worden gecontroleerd. Van de monsters van het geïnjecteerde zand kan de druksterkte bepaald worden. De boorkernen moeten hiertoe een diameter van minimaal 250 mm hebben. Hieruit worden de monsters voor de drukproeven gezaagd. Deze mogen daarna niet gevlakt worden. Vooraf moeten er afspraken gemaakt worden over de beproevingsmethode inclusief de vervormingsnelheid tijdens het beproeven.

De omvang van de in de grond gevormde injectielichamen kan alleen globaal worden vastgesteld door met een stalen staaf in de grond te prikken. Er bestaan geen betrouwbare rekenregels waarmee de omvang kan worden afgeleid uit de meetresultaten van debiet en injectiedruk.

### 6.3.7 Oplevering

Na de laatste injectie met een waterglasmengsel moet in verband met het verhardingsproces minimaal 7 dagen worden gewacht met de overige herstelwerkzaamheden. Aanvullen van de sleuf langs de fundering kan direct plaatsvinden na voltooiing van de injectiewerkzaamheden.

### 6.3.8 Garantie

Zie het gestelde in 3.15. Een met waterglasmengsel geïnjecteerd zandpakket blijft in normale omstandigheden minimaal 50 jaar zijn vorm en sterkte behouden. Hierbij geldt als voorwaarde dat geen sprake is van chemische verontreiniging van zand en/of grondwater.

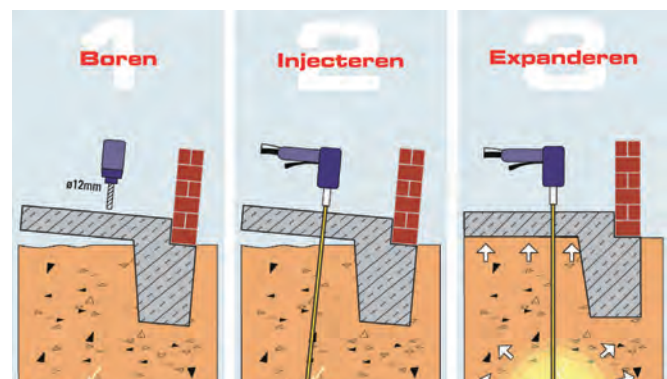
## 6.4 Liften van de funderingsplaat

### 6.4.1 Algemene beschrijving en toepassingsgebied

Een verzakte funderingsplaat op staal kan door middel van doelgerichte injecties weer recht worden gezet en op (de oorspronkelijke) hoogte worden terug gebracht. Hierbij wordt via korte injectielansen een speciaal ontwikkelde expansiehars direct onder de plaat geïnjecteerd, zie figuur 6-5 en figuur 6-6. Ten behoeve van de injectielansen worden door de funderingsplaat met (hand)boormachines kleine gaten van circa 12 mm doorsnede geboord. De krachtige volumevergroting van de geïnjecteerde expansiehars drukt de verzakte funderingsplaat van onder af weer terug naar de oorspronkelijke positie. De expansiedruk van de geïnjecteerde hars bedraagt max. 5000 kPa. De injectietechniek kan worden ingezet in vrijwel alle grondsoorten waar een fundering op staal goed mogelijk is.



Figuur 6-5 Boren, injectiepijp plaatsen en injecteren.



Figuur 6-6 Liften van een funderingsplaat met expansiehars.

### 6.4.2 Ontwerpberekening

Voor eisen aan het benodigde grondonderzoek wordt verwezen naar 6.2.2. Het omhoog brengen (*liften*) van een funderingsplaat is een praktijk gestuurde methode, waarvoor doorgaans geen berekeningen worden gemaakt. Aan de hand van de shadeanalyse en de bouwtekeningen worden de injectiepunten bepaald en vastgelegd in een plan van aanpak.

### 6.4.3 Bouwplaatsinrichting

Voorafgaand aan de injectiewerkzaamheden hoeft de te behandelen funderingsplaat niet te worden vrij gegraven. In tegendeel, het is juist belangrijk dat de expanderende hars goed "opgesloten" blijft onder de plaat, zodat de bestaande ondergrond zo weinig mogelijk geroerd wordt en druk/spanning opgebouwd kan worden.

De injectiepompen, het gereedschap en de injectievloeistoffen blijven tijdens de werkzaamheden in de vrachtwagen staan. De injectievloeistof wordt via slangen en injectielansen onder de funderingsplaat en in de ondergrond geïnjecteerd. Tussen de vrachtwagen en de te behandelen fundering is een ruime afstand mogelijk (max. 65 m). Bij grotere afstand tussen vrachtauto en werkplek bestaat de mogelijkheid om de injectiepompen en injectievloeistoffen uit te laden en op de werkplek op te stellen. De vrachtwagen beschikt over een geheel eigen stroomvoorziening.

### 6.4.4 Voor- en nadelen voor de eigenaar

Het grootste voordeel van injecteren met expansieharsen is dat het pand gewoon in gebruik kan blijven tijdens de uitvoering van de werkzaamheden. De overlast is beperkt en het herstel kan doorgaans in een dag worden afgerond. De techniek is geheel trillingsvrij. Er is geen aantasting van het woongenot. De methode kan worden toegepast zonder noemenswaardige aanpassing van panden (geen verwijdering van vloeren en groenvoorzieningen), omdat het aanbrengen van de lansen en het injecteren met klein gereedschap kan worden uitgevoerd.

Ook de duur van de herstelwerkzaamheden is kort. Het funderingsherstel kan in één of enkele dagen worden afgerond. De techniek is geheel trillingsvrij. Ook kan het van belang zijn dat de techniek snel inzetbaar is. Met continue lasercontrole kan het omhoog brengen van de funderingsplaat uiterst precies worden uitgevoerd zodat hoogtecorrecties tot op de millimeter nauwkeurig mogelijk zijn.

### Nadelen

Afhankelijk van de situatie of de grondsamenstelling is een kans op nazetting aanwezig. Bij gereede twijfel is een andere herstmethode beter op zijn plaats. Het bodemonderzoek verschaft duidelijkheid over dit punt.

### 6.4.5 Toezicht / inspectie

Zie het gestelde in 6.2.5.

### 6.4.6 Oplevering

Na de werkzaamheden is de behandelde funderingsplaat direct weer volledig belastbaar. In een bedrijfsmatige omgeving kan al na 15 minuten het betreffende gebouwdeel in gebruik worden genomen.

### 6.4.7 Garantie

Zie het gestelde in 3.15. Uit diverse materiaalonderzoeken is gebleken dat de expansiehars onder normale omstandigheden minimaal 30 jaar meegaat. Op de daadwerkelijke uitvoering van het injectiewerk geldt een garantietermijn van max. 5 jaar, afhankelijk van de uitkomsten van het bodemonderzoek.

## 6.5 Versterken bestaande fundering op staal

### 6.5.1 Algemene beschrijving en toepassingsgebied

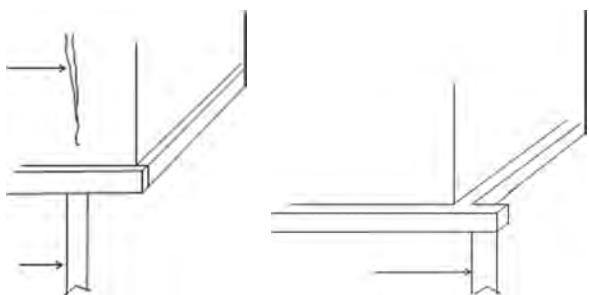
Als de kwaliteit of de afmeting (breedte) van het bestaande fundering op staal onvoldoende is, kan het versterken van het funderingsmetselwerk uitkomst bieden, zie figuur 6-7. Deze methode kan ook helpen bij het nivelleren van ongelijkmatige zetting van de fundering.

De fundering wordt vrij gegraven tot de gewenste diepte, afhankelijk van de aanlegdiepte en versnijdingen (verbredingen). Het bestaande metselwerk wordt gesloopt tot een hoogte van ongeveer 0,5 m. Iedere 0,5 m wordt een instortvijzel geplaatst dat wordt voorgespannen, voordat het naastliggende vak wordt gesloopt. Bij het voorspannen is het soms mogelijk een scheefstand van het gebouw te corrigeren. Na slopen van de bestaande fundering over de gehele lengte wordt langs en om de instortvijzels in lengterichting wapening aangebracht en beton gestort. Indien een hoek of zijgevel van het gebouw meer zakt dan de rest, kunnen als noodmaatregel bij de hoek of zijgevel palen worden geplaatst ter ondersteuning van de hierboven genoemde betonbalk. De palen dragen

slechts een deel van de belasting. De betonbalk blijft (het grootste deel van) de belasting direct op de ondergrond overdragen. Voorwaarde is dat de palen buiten het gebouw worden geplaatst zodat het zettingsgedrag van het gebouw niet nadelig wordt beïnvloed, zie figuur 6-8.



Figuur 6-7 Versterken fundering op staal met gewapend betonbalk.



Figuur 6-8 Plaatsing additionele palen bij hoek of zijgevel als noodmaatregel.

### 6.5.2 Ontwerpberekening

Zie het gestelde in 4. De constructieve berekening van een gecombineerde fundering (fundering op staal en fundering op palen onder een pand) is gecompliceerd. De krachtswerking is afhankelijk van de stijfheid van verschillende funderingselementen.

### 6.5.3 Bouwplaatsinrichting

Naast de te versterken fundering is een ruimte van circa 2 m nodig. De fundering moet tot de gewenste diepte worden vrij gegraven.

### 6.5.4 Voor- en nadelen voor de eigenaar

Het voordeel van deze methode is dat een sterke funderingsbalk ontstaat, die ongelijkmatige zettingen opvangt en de scheurvorming beperkt. Als nadeel geldt dat het zettingsproces gewoon doorgaat.



# 7 Grondwater opzetten bij fundering op houten palen

## 7.1 Algemene beschrijving en toepassingsgebied

De in dit hoofdstuk beschreven methode is een preventieve maatregel die genomen kan worden bij (dreigende) aantasting van houten funderingen. Bij deze methode is geen sprake van funderingsherstel of -verbetering. Als het grondwaterniveau gedaald is tot beneden het hoogste funderingshout kan schimmelaantasting (paalrot) ontstaan. De grondwaterspiegel mag niet lager staan dan 0,2 m boven het hoogste funderingshout. Door bij de fundering het grondwaterpeil kunstmatig te verhogen, kan (verdere) aantasting van de houten paalfundering worden voorkomen.

Grondwaterherstel is alleen zinvol als is aangetoond dat:

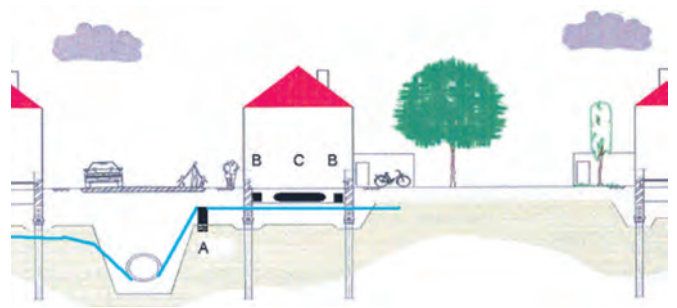
- (vrijwel) uitsluitend vuren houten palen aanwezig zijn (geen grenen palen, zie voetnoot 9 in 4.2.3);
- de palen voldoende draagkracht hebben (geen teveel aan negatieve kleeft en/of ongelijkmatige verzakkingen);
- het bovenste funderingshout nog in redelijke staat is en weinig is aangetast. De funderingshandhavingstermijn moet minimaal 15 jaar bedragen. Bij een kortere termijn is grondwaterherstel niet zinvol omdat het funderingshout teveel is aangetast en de draagkracht van het bovenste funderingshout in het geding is.

Het grondwaterpeil kan kunstmatig worden verhoogd (grondwaterherstel) door infiltratie. Hierbij moet voorkomen worden dat buiten het plangebied grondwateroverlast ontstaat. In veel gevallen is een ondergrondse afscherming nodig met een kleidam, een folie of bodeminjectie.

Met name in Friesland worden in toenemende mate hoogwatersloten gemaakt om het grondwater boven het niveau van de houten palen te houden. Dit in situaties dat de landbouwvelden zijn verzakt ofwel naar beneden zijn gemalen door eerdere verlagingen van het oppervlaktewater. Ook in Dordrecht is bij een pand ervaring opgedaan met deze methode.

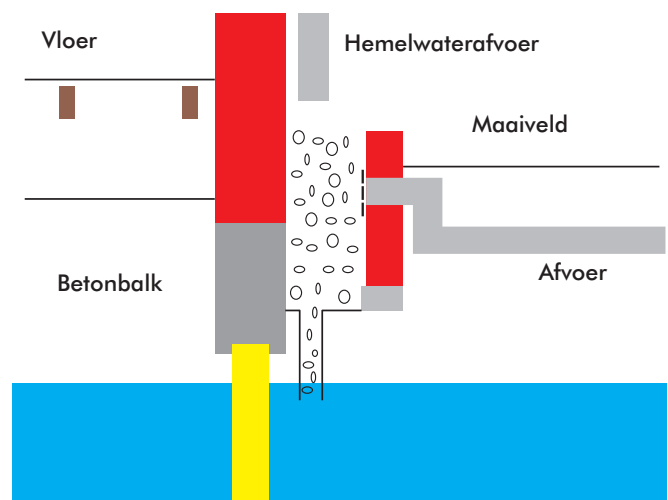
Gebiedsgerichte of lokale aanpak grondwaterherstel Bij een gebiedsgerichte aanpak van het grondwaterherstel (zie figuur 7-1) moet zo mogelijk de oorzaak van de te lage grondwaterstand worden weggenomen. Als de te lage grondwaterstand is ontstaan door een lekkende riolering dient grondwaterherstel in combinatie met rioolvervangning en aanleg van een infiltratiesysteem (al of niet gecombineerd met een drainagesysteem) plaats te

vinden. Daarbij is ondergrondse compartimentering van het gebied vaak nodig. De gemeente heeft hierbij een leidende rol.



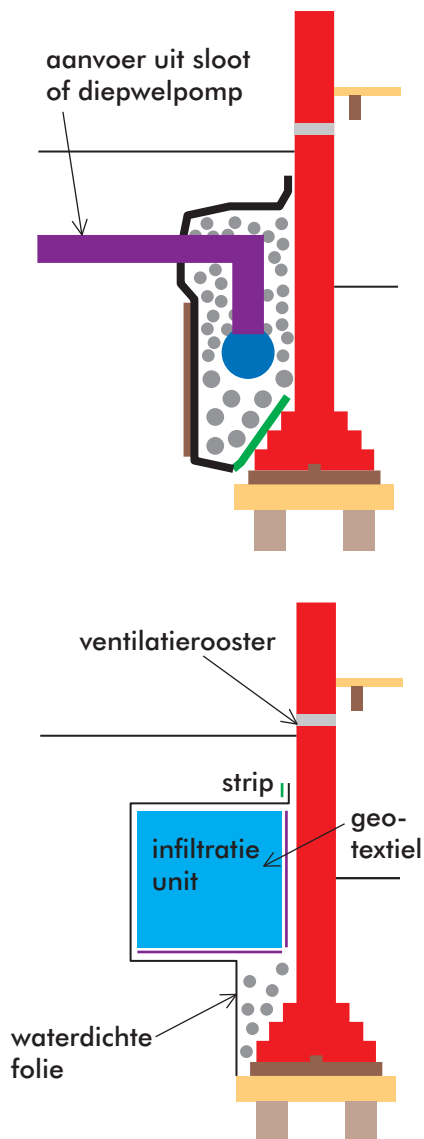
Figuur 7-1 Voorbeeld grondwaterherstel bij een bouwkundige eenheid.

Als gebiedsgericht grondwaterherstel niet door de gemeente wordt uitgevoerd is het mogelijk om te kijken naar de mogelijkheden van lokaal grondwaterherstel, dat wil zeggen bij de bouwkundige eenheid. De meest simpele vorm van grondwaterherstel bestaat uit infiltratie van regenwater door het afkoppelen van de regenpijpen van de riolering, zie figuur 7-2. Deze methode is geschikt om kleine hoeveelheden grondwater toe te voegen. Voorwaarde is dat het water niet direct wegloopt naar bijvoorbeeld een drainerende riolering.



Figuur 7-2 Afkoppelen hemelwaterafvoer als lokaal grondwaterherstel.

Als afkoppelen van de hemelwaterafvoer onvoldoende is, zijn voorzieningen nodig in de vorm van leidingen en pompinstallaties, zie figuur 7-3. Andere voorbeelden zijn uitgewerkt in de publicatie *Studie grondwaterinfiltratie* [12].



Figuur 7-3 Voorbeelden lokale aanpak grondwaterherstel.

## 7.2 Ontwerpberekening

Bij deze methode zijn geen berekeningen benodigd. Constructies zoals watercontainers (waterzakken) mogen de bestaande draagconstructie van het pand doorgaans niet belasten. Het ontwerp, de berekeningen van de benodigde waterhoeveelheid, de beoordeling van de grondmonsters en de uitvoering bij voorkeur door hetzelfde bureau laten uitvoeren.

## 7.3 Bouwplaatsinrichting

De bouwplaatsinrichting is sterk afhankelijk van de gekozen methode. Bij gebiedsgerichte aanpak heeft een groot deel van de wijk te maken met de werkzaamheden. Voor een lokale aanpak is bouwplaatsinrichting van ondergeschikt belang.

## 7.4 Voor- en nadelen voor de eigenaar

Het belangrijkste voordeel van grondwaterherstel zijn de relatief lage kosten voor de pandeigenaren.

De belangrijkste nadelen van grondwaterherstel zijn:

- de fundering wordt niet versterkt. Getracht wordt de bestaande toestand te handhaven (geen verdere aantasting houten delen door schimmels; bacteriële aantasting wordt niet verhinderd);
- het systeem is zeer kwetsbaar. Er zijn geen garanties;
- gedurende de restlevensduur van de panden zijn beheer, onderhoud en monitoring (periodieke waarnemingen peilbuizen) noodzakelijk;
- verhogen van de grondwaterstand kan leiden tot wateroverlast in kruipruimten en/of kelders.

## 7.5 Toezicht / inspectie

De eigenaar van het pand moet de grondwaterstand controleren door middel van periodieke waarnemingen van peilbuizen nabij het pand.

## 7.6 Garantie

Op grondwaterherstel zal over het algemeen geen garantie verleend worden. De kwaliteit van het systeem is volledig afhankelijk van een goed vooronderzoek, goed plan en deskundige uitvoering. Daarnaast blijven de systemen kwetsbaar.

# Bijlage A - Monitoring

## A1 Trillingsmetingen

Trillingen kunnen schade aan gebouwen veroorzaken. Indien er onverhoopt te hoge trillingen worden geregistreerd, kan direct actie ondernomen worden. Een actie kan zijn het aanpassen van de werkmethode (bijvoorbeeld voorboren of aanpassen van de valhoogte van het heiblok). In slappe gronden kan het soms positief uitpakken als de heistelling goed stabiel op schotten wordt geplaatst. Het belangrijkste van de trillingsmetingen is het beheersen van het bouwproces om het ontstaan van schade aan gebouwen tot een minimum te beperken. Separaat met het beheersen van het werkproces kan met behulp van de registratie van de meetgegevens een objectief oordeel worden gegeven over de eventuele risico's van de trillingen.

Er zijn twee soorten trillingschade:

- directe trillingschade waarbij de trillingsnelheid in combinatie met de frequentie rechtstreeks scheuren veroorzaakt;
- indirecte trillingschade. Onder invloed van de trillingen vindt een herschikking plaats van de korrels in de bodem waardoor deze in volume afneemt. Dit kan leiden tot zakking waardoor schade aan gebouwen en/of verhardingen kan ontstaan. Losgepakte zandlagen zijn hiervoor erg gevoelig.

SBR heeft een richtlijn uitgewerkt om trillingsschade aan gebouwen tot een minimum te beperken [9]. Als de trillingssterkte beneden de toelaatbare grenswaarde blijft van de richtlijn is de kans op het ontstaan van schade teruggebracht tot een aanvaardbaar niveau.

De ingezette meetsystemen dienen in geval van een overschrijding van de ingestelde grenswaarde direct een alarmbericht te mailen of te sms-en. Per overschrijding of aaneenschakeling van overschrijdingen dient een interpretatie van de meetwaarden te worden uitgevoerd om vast te stellen of de overschrijding een gevolg is van de werkzaamheden. Tevens dient door een deskundige te worden beoordeeld of de werkzaamheden kunnen worden voortgezet (signalering van overschrijdingen is ook mogelijk middels een alarmlamp).

### *Toelaatbare grenswaarde*

Voor het bepalen van de toelaatbare grenswaarde van trillingen is een aantal factoren van belang, namelijk:

- type trillingsmeting;

- constructiewijze en de staat van het bouwwerk;
- type trillingsbron.

### *Type trillingsmeting*

Conform SBR-richtlijn zijn er drie soorten metingen mogelijk: indicatieve meting, beperkte meting en een uitgebreide meting. De meting moet worden uitgevoerd op een stijf punt van de draagconstructie. Bij een indicatieve meting kan worden volstaan met één trillingsmeter per pand. Ter plaatse zal worden bekeken of de meetapparatuur aan de binnen- of buitenzijde van het pand wordt geplaatst. Daarnaast speelt de constructiewijze en de staat van het bouwwerk een rol. SBR heeft onderstaande indeling in categorieën van bouwwerken en van onderdelen daarvan aangehouden:

- **Categorie 1**  
In goede staat verkerende onderdelen van de draagconstructie, indien deze bestaan uit gewapend beton of hout; Onderdelen van een bouwwerk die geen deel uitmaken van de draagconstructie (bijv. scheidingsconstructies), indien deze bestaan uit gewapend beton of hout; Draagconstructies van bouwwerken, geen gebouw zijnde, die bestaan uit metselwerk zoals pijlers van viaducten, kademuren en dergelijke.
- **Categorie 2**  
In goede staat verkerende onderdelen van de draagconstructie, indien deze bestaan uit metselwerk; In goede staat verkerende onderdelen van een gebouw die niet tot de draagconstructie behoren, zoals scheidingsconstructies die bestaan uit niet-gewapend beton, metselwerk of uit brosse steenachtige materialen.
- **Categorie 3**  
Onderdelen van oude en monumentale gebouwen met een grote cultuurhistorische waarde; In slechte staat verkerende gebouwen uit metselwerk of in slechte staat verkerende onderdelen van een gebouw.

### *Type trillingsbron*

Er wordt onderscheid gemaakt in de volgende typen trillingsbronnen:

- incidenteel voorkomende kortdurende trillingen, zoals explosies en botsingen;
- herhaald kortdurende trillingen, zoals heiwerk en passerend weg- en treinverkeer;
- continue trillingen, zoals inbrengen van fundatiepalen/damwanden met behulp van trilblokken, trilplaten.

Boorwerkzaamheden en het uitvoeren van heiwerkzaamheden vallen onder de trillingsbron herhaalde, kortdu-

rende trillingen. Na verrekening van de partiële veiligheidsfactoren volgens de SBR-richtlijn wordt de maximaal toelaatbare grenswaarde vastgesteld. Als het trillingsniveau onder de toelaatbare grenswaarde blijft is het risico op het ontstaan van schade lager dan 1%. Een overschrijding van de grenswaarde zal leiden tot een toegenomen kans op het ontstaan van schade.

Wij merken op dat het overschrijden van de grenswaarde niet automatisch betekent dat er ook daadwerkelijk schade zal ontstaan. In hoeverre een overschrijding een verhoogd risico inhoudt op het ontstaan van schade zal per situatie beoordeeld moeten worden.

#### *Omvang van de trillingsmeting bepalen*

Betreffende het meten op belendingen is het gebruikelijk dat de trillingsmeter wordt gemonteerd op een stijf punt van het pand dat de kortste afstand heeft naar de trillingsbron. Gedurende de werkzaamheden zal de trillingsmeter dus regelmatig moeten worden verplaatst. Gedurende het uitvoeren van sloop en of heiwerkzaamheden dient minimaal 1 trillingsmeter te worden ingezet. De keuze voor de positie van de trillingsmeter is situatieafhankelijk.

#### *Opmerking*

Het meten in de hoek van een pand waarbij de afstand tot de in te heien buispaal slechts 20 cm is, kan betreffende de trillingsoverdracht tot vreemde en ook zeer hoge trillingssnelheden leiden terwijl het geen vaststaand gegeven is dat de hele fundering dan in beweging komt. In dergelijke situaties is het soms aan te bevelen om een tweede meetpunt in te zetten.

Er kan gemeten worden aan het pand waar het funderingsherstel wordt uitgevoerd en of de belendende panden. Bij het meten aan belendingen is het van belang om het lichtst geconstrueerde pand binnen de meting te betrekken, als dat op korte afstand is gesitueerd van de werkzaamheden.

De keuze voor de panden wordt voornamelijk bepaald door de afstand ten opzichte van de werkzaamheden. De voorkeur is om op een pand zo dicht mogelijk bij de trillingsbron te meten. Verder is de categorie-indeling van belang. Het heeft de voorkeur om op de monumentale en of de panden met in slechte staat verkerend metselwerk te meten.

Grote zware panden (hoogbouw) worden bij voorkeur minder snel gekozen voor het monitoren op trillingen.

Hoe zwaarder een pand hoe meer energie nodig is om het pand in beweging te krijgen. De trilling zal derhalve op een groot en zwaar pand minder invloed hebben dan op een klein en licht pand.

## **A2 Hoogte- en/of deformatiemetingen**

Aan funderingsherstel gerelateerde werkzaamheden, zoals aanbrengen van palen, belasten, ontgraven, bemalen en vijzelen kunnen leiden tot ongewenste deformatie van panden, hetgeen het ontstaan van schade tot gevolg kan hebben.

Het uitvoeren van hoogte- en/of deformatiemetingen is een belangrijk onderdeel van een goede monitoring. Door frequent controles uit te voeren kunnen eventueel optredende zettingen en/of verplaatsingen direct worden vastgesteld, kan snel worden ingegrepen en kan het ontstaan van schade worden voorkomen, dan wel worden beperkt. Bij een deformatiemeting worden meetpunten gebruikt (prisma's en/of reflecterende meetstickers) die in drie vlakken/richtingen worden ingemeten: in het horizontale vlak in 2 richtingen (X- en Y-waarde) en in het verticale vlak in 1 richting (Z-waarde). De XYZ posities van de meetpunten dienen bepaald te worden ten opzichte van ten minste 3 vaste meetpunten buiten de invloedssfeer van de werkzaamheden.

De stand/positie van een gebouw of van een bouwdeel kan op meerdere manieren en met verschillende systemen worden gemeten, bijvoorbeeld gebruik makend van: roterende laser, tiltmeter, analog- of digitaal waterpas-toestel met E-baak of barcodebaak, total station, 3D-scanning e.d. De keuze van het toe te passen systeem hangt nauw samen met het belang van de monitoring, en de gewenste meetnauwkeurigheid.

#### *Omvang hoogte- en/of deformatiemetingen*

De omvang van de meting wordt bepaald door de mogelijke invloed van de voorgenomen werkzaamheden (trillingen/wateronttrekking/grondwerk) en de bouwkundige staat van de opstallen in het invloedsgebied. De risicobeoordeling zal duidelijkheid moeten geven over de uiteindelijke omvang van de metingen.

Bij funderingsherstel zal er over het algemeen sprake zijn van licht heiwerk en/of licht sloopwerk, waarvoor een beperkt meetgebied kan worden aangehouden. Tenzij de risicobeoordeling anders voorschrijft, dienen, in ieder

geval de volgende panden/bouwonderdelen in een meting te worden betrokken.

Exterieur: de gevels van het pand waaraan funderingsherstel wordt uitgevoerd, alsmede de gevels van de direct aangrenzende panden; links, rechts, voor en/of achter.  
Exterieur: de gevels van nabijgelegen panden (niet direct aangrenzend) waarvan bouwdeel op een afstand van minder dan 5 m van het funderingsherstel zijn gesitueerd.  
Interieur: alle draagmuren/wanden grenzend aan of binnen het gebied waar het feitelijk funderingsherstel wordt uitgevoerd. Opmerking: bij relatief grote panden kan het meetgebied beperkt blijven tot een afstand van maximaal circa 20 m vanaf het fundatie- en/of sloopwerk.

#### *Inrichting van de meting*

Zoals aangegeven kan op meerdere manieren en met verschillende systemen worden "gemonitord". Het is van belang dat de meting wordt verricht door of in samenwerking met een in metingen gespecialiseerd bureau en er derhalve bekendheid is met: de verschillende mogelijkheden, de apparatuur, de te stellen eisen e.d.

Uitgaande van min of meer standaard funderingsherstelprojecten is het advies om in eerste instantie een nauwkeurigheidswaterpassing uit te voeren, bij voorkeur met een zelfnivellerend digitaal waterpasinstrument met barcodebaak. Het meten met een analoog toestel en baak, mits goed uitgevoerd, kan ook volstaan.

Het aantal meetpunten en de locaties waar deze worden aangebracht, dienen zodanig te worden gekozen dat herhalingsmetingen eenvoudig zijn uit te voeren. Het wordt dan ook direct duidelijk of het pand, of delen ervan, wel of niet aan ongelijkmatige zetting onderhevig is/zijn. In de praktijk levert het in de meting betrekken van de 'binnenwanden' of achtergevels nog wel eens problemen op (obstakels, opslag, uitbouw). Binnen de huidige technologie zijn oplossingen te bedenken waarbij voor de 'moeilijker' bouwonderdelen andere hulpmiddelen ingezet kunnen worden, bijvoorbeeld: waterpas met liniaaltjes, (roterende) laser met ontvangers, tiltmeter e.d., om eventuele optredende zetting goed te kunnen monitoren.

In het geval van bijzondere panden/belendingen met scheefstand of het risico op horizontale verplaatsingen door eenzijdige belastingen van de fundering als gevolg van aanvullingen en/of ophogingen, wordt geadviseerd om het pand met een XYZ meting ook in horizontale

richting te monitoren. Voor het bepalen van het aantal uit te voeren metingen wordt verwezen naar de risicobeoordeling, respectievelijk het monitoringsplan.

#### *Grenswaarden*

De stand/positie van een pand kan onder invloed van naburige werkzaamheden wijzigen. Een pand heeft een beperkte capaciteit om dergelijke wijzigingen (hoekverdraaiing) op te kunnen vangen. Een en ander hangt af van tal van factoren, waaronder: constructiewijze, materialen, trekcapaciteit van onderdelen e.d. De meetpunten dienen op een zodanige manier te worden aangebracht dat in geval van zetting zowel de absolute als relatieve zakking en rotatie bepaald kunnen worden.

Zoals aangegeven is het in de praktijk niet altijd mogelijk om alle hoeken van panden te voorzien van meetpunten. Het beoordelen op rotatie/hoekverdraaiing is derhalve niet in alle gevallen mogelijk. Wat voor dergelijke situaties overblijft is het beoordelen van de metingen op absolute zetting. De maximaal toelaatbare vervorming zal per situatie verschillen.

Tijdens het monitoren van panden/belendingen op zettingen is het van belang om zowel een signaleringswaarde als een grenswaarde te hanteren. Deze waarden dienen duidelijk in de risicobeoordeling en/of het monitoringsplan te worden vermeld.

Indien de signaleringswaarde wordt bereikt (in veel gevallen wordt 3 mm voorgeschreven), zal er een technisch overleg (met de constructeur) moeten plaatsvinden om te beoordelen of er directe acties nodig zijn, bijvoorbeeld aanpassing werkzaamheden en/of het treffen van voorzorgsmaatregelen. Wij adviseren om extra meetmomenten in te lassen bij het bereiken van een zetting van 2 mm. Wordt er tot voorzetting van de werkzaamheden besloten, dan zal het verloop van de zetting met een verhoogde alertheid gevolgd moeten worden. De werkzaamheden moeten direct gestaakt worden als verdere zettingen de grenswaarde bereiken (in veel gevallen wordt 5 mm aangehouden). Er moeten dan maatregelen worden genomen om verdere zetting te voorkomen en er zal verder overleg met constructeur moeten plaatsvinden. In geval van zettingen is het tevens raadzaam om de verzekeraar van het bouwproject te informeren over de constatering en de te nemen/genomen maatregelen. Voor hoekverdraaiing (rotatie) wordt doorgaans een rotatie van 1 : 500 aangehouden.

### A3 Scheurwijdtemetingen

Scheuren in wanden van een gebouw worden vaak veroorzaakt door ongelijkmatige zetting van de fundering of door drukkrachten van kapconstructies. Deze scheuren kunnen het gevolg zijn van fouten in de berekeningen, uitvoeringsfouten of overbelasting binnen het gebruik van de panden. Scheurwijdte metingen zijn nuttig / nodig als bij een pand risicovolle scheurvorming wordt vastgesteld. Onder invloed van het funderingherstel kan die scheurvorming mogelijk dermate verergeren dat de herstelkosten aanmerkelijk hoger zullen worden. Soms kan zelfs de stabiliteit van de bebouwing in gevaar komen.

Het volgen van de scheur kan aan de hand van registratieformulieren. Hierbij kan regelmatig de stand van de scheurmeter worden ingetekend de formulieren. Een andere methode is de scheurmeter te fotograferen waarbij deze bij navolgende metingen kan worden gebruikt als nulsituatie.

#### *Omvang van de scheurwijdtemeting*

In hoeverre het nodig is scheurmeters te monteren is situatieafhankelijk. Maar het is een relatief goedkope manier om de beweging van een pand in het geval van bestaande scheurvorming te monitoren. De scheurwijdte is hierbij direct afleesbaar.

### A4 Peilbuismetingen

De mate waarin grondslag onder invloed van wateronttrekking kan inklinken/zetten hangt samen met:

- de opbouw van de grondslag (meer of minder samendrukbare lagen);
- de natuurlijke fluctuaties van de grondwater (verschillen zomer/winter, hoeveelheid neerslag);
- de mate waarin in het verleden lagere grondwaterstanden zijn opgetreden (eerdere projecten met een bemaling).

Ook de funderingswijze van de panden speelt een rol. Kortstondige grondwateronttrekking zal bijvoorbeeld nagenoeg geen invloed hebben op een op betonpalen gefundeerd gebouw, terwijl bij een op staal gefundeerd gebouw (zoals een recent gerealiseerde uitbouw) de invloed aanzienlijk kan zijn.

Als onderdeel van het bemalingsplan zijn berekeningen gemaakt om de mate en het invloedsgebied van de

grondwaterstandsverlaging te bepalen. Controle hiervan tijdens de uitvoering is nodig om tijdig te kunnen ingrijpen als de werkelijke verlaging groter is dan de berekende.

#### *Omvang van de peilbuismetingen*

Bij werkzaamheden beneden de normale grondwaterstand is grondwaterstandverlaging door middel van bemaling of drainage noodzakelijk.

Op basis van de opbouw van de grondslag ter plaatse, de funderingswijze van bebouwing en de grondwaterstanden uit het verleden, zal een goede inschatting gemaakt moeten worden van het invloedsgebied van de bemaling en van de risico's op zetting en op vervorming van panden.

Er dient een bemalingsplan te worden opgesteld waarin de wijze van bemaling en de eventuele beheers- en controlemaatregelen zijn omschreven en desgewenst ook een zettingsberekening over de mogelijke invloed van de bemaling op de omgeving. In bijzondere gevallen kunnen maatregelen nodig zijn om de invloed van de bemaling te beperken. Een voorbeeld hiervan is het aanbrengen van een retourbemaling, waarbij water in de ondergrond wordt teruggepompt.

De omvang van de peilbuismetingen (aantal buizen, gebied, diepte en perforatie) dient in overeenstemming te zijn met het bemalingsplan (invloedzone van de bemaling) en de risicobeoordeling.

# Bijlage B - Metselwerk

## B1 Functies metselwerk

Zowel ondergronds als bovengronds vervult het metselwerk enkele belangrijke functies, deels wettelijk vastgelegd via voorschriften in het Bouwbesluit:

*A. Dragende functie:* De meeste panden zijn in beuken onderverdeeld, waardoor onderscheid is te maken tussen de relatief dikke woningscheidende muren, met hogere belasting per strekkende meter, en de wat dunnere tussenmuren, met een lagere belasting. De zwaardere muren dragen zowel de vloeren als de kap, de wat lichtere tussenmuren vaak alleen de vloeren. De onderliggende fundering is afgestemd op het verschil in muurdikte en belasting. De voor- en achtergevels hebben in het algemeen geen dragende functie, behalve voor onderdelen als balkons, serres, erkers, etc. De dragende functie kan in het geding komen door o.a.:

- het ontbreken of het verlies van samenhang (grote doorlopende scheuren);
- verlies van materiaalsterkte (kapotvriezen mortelvoegen, uitloging, indringing van mossen en algen);
- verlies van oplegglengte (verschuiving balkkoppen ten opzichte van metselwerk, aantasting balkkoppen door houtaantastende schimmels);
- corrosie van metalen onderdelen in metselwerk;
- dreigend verlies van stabiliteit (grote scheefstand van ongesteunde geveldelen, extreme ongelijkmatige verzakking van panden, eenzijdige horizontale grond- en/of waterdruk).

*B. Scheidende functie:* de gemetselde muren en gevels vormen de fysieke scheiding tussen panden onderling en tussen panden en het buitenklimaat. De muren zorgen daarbij voor o.a. brandscheiding, rookdichtheid, thermische en akoestische scheiding, wind- en waterdichtheid en dichtheid tegen ongedierte. Het niet goed kunnen vervullen van deze functies kan een rol spelen bij het funderingsherstel of bij het daaraan gekoppelde cascoherstel. De aan het metselwerk opgelegde vervormingen kunnen leiden tot klemmende kozijnen en zelfs het breken van beglazing in deze kozijnen. Het niet voldoen aan de wettelijke eisen kan in sommige gevallen voor bouw- en woningtoezicht reden zijn om handhavend op te treden.

*C. Esthetische functie:* Scheuren in het metselwerk vormen bij funderingsproblemen vaak een eerste signaal van het optreden van ongelijkmatige zettingen. Deze scheurvorming,

die met name in de voor- en achtergevels als esthetisch onwenselijk wordt beschouwd, heeft invloed heeft op het woongenot en de waarde van een pand. Dit kan een rol spelen bij het funderingsherstel of in het daaraan gekoppelde cascoherstel.

## B2 Eigenschappen metselwerk (literatuuronderzoek)

Zowel de gebruikte baksteen als de gebruikte mortel zijn per bouwplan van sterk wisselende kwaliteit en samenstelling.

**Baksteen:** Baksteen werd voor 1900 veelal in één van de vele regionale steenovens geproduceerd uit ter plaatse uit de rivier gewonnen klei of slib. Uiterlijk en sterkte van de baksteen zijn afhankelijk van de samenstelling van de plaatselijk aanwezige klei, van het droog- en bakproces en met name van de bij het bakken bereikte temperatuur. Hierdoor was de stenenkwaliteit eigenlijk verschillend per individuele oven. De gebruikte metselformaten verschilden eveneens per streek. Vanaf de invoering van de Woningwet in 1901 werden eisen gesteld aan minimale muurdiktes van buitengevels.

De veel voorkomende muurdikten van 200 tot 220 mm vinden hun oorsprong in deze wet. Vanaf 1901 vindt de baksteenproductie geleidelijk steeds meer plaats in grotere regionale steenfabrieken, met gemoderniseerde ovens. De kwaliteit werd hierdoor constanter. Dit proces van schaalvergroting heeft zich echter verspreid over de gehele 20e eeuw afgespeeld, zodat gesteld kan worden dat voor de oudere panden -waarbij zich veelal de funderingsproblemen voordoen- op voorhand geen stellige uitspraak kan worden gedaan over de sterkte van de gebruikte baksteen. Een benadering is wel mogelijk: omdat het fysische bakproces en de gebruikte grondstof tegenwoordig niet wezenlijk anders zijn dan vroeger, kan worden gesteld dat bij benadering de druksterkte van de baksteen ook voor oud metselwerk zal kunnen variëren volgens de bovenste waarden als genoemd in tabel NB-1 (NEN-EN 1996-3). De genormaliseerde gemiddelde druksterkte  $f_b$  (bepaald volgens NEN-EN 772-2) varieert tegenwoordig van 5 tot 30 N/mm<sup>2</sup>. Voor oud metselwerk kan veiligheidshalve worden uitgegaan van de bovenste waarden in de tabel, oplopend van 5 tot 15 N/mm<sup>2</sup>. Een eenvoudige methode voor het plaatselijk niet-destructief beproeven is het gebruik van een Schmidt-hamer. Deze

is na de juiste kalibratie ook bruikbaar voor baksteen en mortel. Hierover zijn enkele wetenschappelijke artikelen verschenen. Omdat er vaak een samenhang bestaat tussen enerzijds de algehele bouwkundige kwaliteit van het pand, zoals deze blijkt uit bijvoorbeeld ornamenten, detaillering en gebruikte houtsoorten en anderzijds de kwaliteit en prijs van de toegepaste baksteen, kan uit de algehele bouwkundige kwaliteit wel een eerste indruk van de kwaliteit van de baksteen worden verkregen.

**Mortel:** Woonhuizen van vóór 1900, zijn gemetseld, gevoegd en gepleisterd met kalkmortel. Dit is een mortel waarin kalk het bindmiddel is en zand het toeslagmiddel. Bij cementmortel is cement het bindmiddel. Cementmortel deed zijn intrede na 1900, maar ook na 1900 werden kalkmortel en gemengde mortel (zgn. bastaardmortels) nog veelvuldig gebruikt. Het verdient aanbeveling om bij de inschatting van de sterkte van het metselwerk daarom veiligheidshalve de linkerkolom "M5" uit tabel NB-1 te gebruiken.

**Metselwerk:** Hiermee komt de representatieve waarde van de metselwerkdruksterkte  $f_{rep}$  uit tussen 2,5 en 5 N/mm<sup>2</sup>. Dit mag worden beschouwd als een conservatieve range, waaraan in de praktijk nagenoeg altijd voldaan zal worden. Volgens de Eurocode dienen deze representatieve waarden nog door een materiaalfactor  $\gamma_m = 2,2$  te worden gedeeld, zodat de conservatieve rekenwaarde voor de metselwerkdruksterkte  $f'_d$ , ingeschat zonder verder onderzoek, uitkomt tussen globaal 1,0 en 2,5 N/mm<sup>2</sup>.

#### Getalswaarden uit metselwerknormen

- CUR-Aanbeveling 82: beheersing van scheurvorming bij steenconstructies;
- NEN 6790 / NPR 6791;
- NEN-EN 1996-1-1+NB/A11 (nl) Eurocode 6: Ontwerp en berekening van constructies van metselwerk – Deel 1-1: Algemene regels voor constructies van gewapend en ongewapend metselwerk (inclusief nationale bijlage).

Karakteristieke waarde van de **druksterkte** van metselwerk

Zie NEN-EN 771-1 t/m -4; in de vereenvoudigde methode (NEN-EN 1996-3) worden in tabel NB1 de oude waarden uit tabel 12 van de NPR 6791 gegeven:

Tabel 12 — Representatieve waarde van de metselwerkdruksterkten  $f_{rep}$  [N/mm<sup>2</sup>] bij stenen met een perforatievolume  $\leq 25\%$

Genormaliseerde baksteen-druksterkte <sup>1</sup>	Metselmortel				Lijmmortel
	M5	M10	M15	M20	
5	2,55	3,04	3,04	3,04	3,44
10	4,01	4,77	5,27	5,67	5,79
15	5,22	6,20	6,86	7,38	7,85
20	6,29	7,48	8,28	8,89	9,74
25	7,27	8,65	9,57	10,28	11,51
30	8,19	9,73	10,77	11,58	13,20

<sup>1</sup> Bedoeld is de genormaliseerde druksterkte volgens bijlage B van NEN 6790:2005.

#### buigdruksterkte:

NEN-EN 1996-3:2006/NB:2010 Ontw.

Tabel NB-2 — Karakteristieke waarde van de buigtreksterkte van metselwerk als bezwijken optreedt in een vlak evenwijdig aan de lintvoeg en als bezwijken optreedt in een vlak loodrecht op de lintvoeg, respectievelijk  $f_{xk1,s}$  en  $f_{xk2,s}$  in N/mm<sup>2</sup>

Mortel en toepassing	$f_{xk1,s}$	$f_{xk2,s}$
Minimale eis voor metsel- en lijmmortel in milieuklasse MX1 en MX2*	0,20	0,79
Minimale eis voor metsel- en lijmmortel bij overige milieuklassen	0,30	0,83
Lijmmortel met baksteen groep 1 bij aanvullende specificatie in bestek	0,60	1,22
Lijmmortel met kalkzandsteen groep 1 bij aanvullende specificatie in bestek	0,60	1,00
Lijmmortel met betonsteen groep 1 bij aanvullende specificatie in bestek	0,60	1,22
Lijmmortel met cellenbetonsteen groep 1 bij aanvullende specificatie in bestek	0,45	0,45

\* De beschrijving van (deze) milieuklassen is opgenomen in NEN-EN 1996-2.

Opmerking: In NEN-EN 1996-2 zijn voor het verkrijgen van voldoende duurzame sterkte minimale eisen gesteld aan de buigtreksterkte van metselwerk. Met name bij toepassing van lijmmortels bij groep-1-stenen zijn hogere waarden mogelijk. Het is dan noodzakelijk deze hogere waarden in een bestek als prestatie-eis voor te schrijven. De hogere waarden in tabel NB-2 voor lijmmortel bij aanvullende specificatie, die in het bestek moeten zijn voorgeschreven, zijn gebaseerd op de waarde voor  $f_{xk1,s}$  gelijk aan 0,6 N/mm<sup>2</sup>.



### initiele schuifsterkte:

#### D.3 Karakteristieke initiële schuifsterkte

De waarden van  $f_{vko,s}$  in N/mm<sup>2</sup>, zijn afgeleid uit 3.6.2 van NEN-EN 1996-1-1 en uit de minimale eisen voor de hechtsterkte volgens tabel NB-1 van NEN-EN 1996-2/NB en zijn gegeven in tabel NB-3.

Tabel NB-3 — Karakteristieke waarde van de initiële schuifsterkte van metselwerk  $f_{vko,s}$  in N/mm<sup>2</sup>

Mortel en toepassing	$f_{vko,s}$
Minimale eis voor metsel- en lijm mortel in milieuklasse MX1 en MX2*	0,20
Minimale eis voor metsel- en lijm mortel bij overige milieuklassen	0,30
Lijm mortel met baksteen groep 1 bij aanvullende specificatie in bestek	0,60
Lijm mortel met kalkzandsteen groep 1 bij aanvullende specificatie in bestek	0,60
Lijm mortel met betonsteen groep 1 bij aanvullende specificatie in bestek	0,60
Lijm mortel met cellenbetonsteen groep 1 bij aanvullende specificatie in bestek	0,45
* De beschrijving van milieuklassen is opgenomen in NEN-EN 1996-2.	

### E-modulus (uit CUR-Aanbeveling 82)

#### 4.6 Stijfheid van metselwerk

Voor de stijfheid van baksteen en kalkzandsteen metselwerk loodrecht op de lintvoeg kan als veilige bovengrens art. 9.4.1 van NEN 6790:1997 worden aangehouden:

$$E_{\perp} = 1000 f'_{rep}$$

Voor metselwerk van grindbetonstenen moet loodrecht op de lintvoeg een 40 à 50% grotere waarde worden aangehouden dan volgens art. 9.4.1 van NEN 6790:1997.

In afwijking van art. 9.4.1. van NEN 6790:1997 kan evenwijdig aan de lintvoeg voor metselwerk met metselmortel worden aangehouden:

$$E_{||} = 1,3 \cdot E_{\perp}$$

en voor metselwerk met lijm mortel:

$$E_{||} = E_{\perp}$$

## B3 Gangbare procedure beoordeling metselwerk

- Inspectie van het funderingsmetselwerk na ontgraving*  
Opname door een ervaren constructeur kan vaak al een redelijke indruk geven van de staat van baksteen en mortel. Indien het metselwerk zwak is, zijn hiervan vaak al signalen waar te nemen in de vorm van scheuren, geplette lagen, loslatende stenen, enz.
- In berekeningen uitgaan van conservatieve waarden uit de literatuur*  
Wanneer waarden worden ontleend aan de tabellen voor nieuw metselwerk in bijlage B2, is het gebruikelijk uit te gaan van zwakke baksteen en mortel.
- Indien kritisch: materiaalonderzoek*  
Indien met gebruikmaking van de onder 2. bedoelde waarden onvoldoende vertrouwen kan worden verkregen in de gekozen oplossing, kan materiaalonderzoek uitkomst bieden. Omdat de meeste standaardproeven geënt zijn op voorschriften voor nieuw metselwerk zijn hiervoor relatief grote proefstukken noodzakelijk van enkele lagen metselwerk. Dergelijke afmetingen zijn zelden te bemonsteren uit bestaand metselwerk. Er zal daarom vaak gewerkt worden met boorkernen of andere relatief kleine monsters en op de situatie toegesneden proeven. Het verdient aanbeveling om, met het oog op de statistische verwerking van de meetresultaten, altijd meerdere monsters te beproeven.

Bij het constructief ontwerp van het funderingsherstel is een gangbare procedure:

- Inspectie van het funderingsmetselwerk na ontgraving*  
Opname door een ervaren constructeur kan vaak al een redelijke indruk geven van de staat van baksteen en mortel. Indien het metselwerk zwak is, zijn hiervan vaak al signalen waar te nemen in de vorm van scheuren, geplette lagen, loslatende stenen, enz.
- In berekeningen uitgaan van conservatieve waarden uit de literatuur*  
Wanneer waarden worden ontleend aan de tabellen voor nieuw metselwerk in bijlage B2, is het gebruikelijk uit te gaan van zwakke baksteen en mortel.
- Indien kritisch: materiaalonderzoek*  
Indien met gebruikmaking van de onder 2) bedoelde waarden onvoldoende vertrouwen kan worden verkregen in de gekozen oplossing, kan materiaalonderzoek uitkomst bieden. Omdat de meeste standaardproeven geënt zijn op voorschriften

voor nieuw metselwerk zijn hiervoor relatief grote proefstukken noodzakelijk van enkele lagen metselwerk. Dergelijke afmetingen zijn zelden te bemonsteren uit bestaand metselwerk. Er zal daarom vaak gewerkt worden met boorkernen of andere relatief kleine monsters en op de situatie toegesneden proeven. Het verdient aanbeveling om, met het oog op de statistische verwerking van de meetresultaten, altijd meerdere monsters te beproeven.

## B4 Voorbeeldberekening belasting

Een indicatie van de paalbelasting voor veel voorkomende situaties kan als volgt worden verkregen.

Voor laagbouw (bgg, 1e verd, zolder met schuin pannendak):  
 bouwmuur  $q_d \approx 75$  à  $100$  kN/m

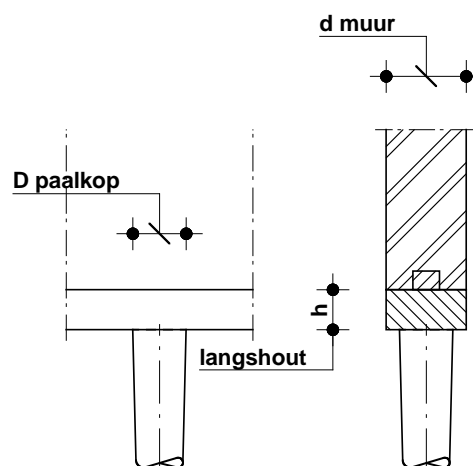
Voor middelhoogbouw (bgg, 1e verd, 2e verd, 3e verd, zolder met schuin pannendak):  
 bouwmuur  $q_d \approx 100$  à  $150$  kN/m

Bij woonhuizen bestaande uit twee beuken, zoals deze veel voorkomen, is de belasting ter plaatse van de bouwmuur hoger dan bij de tussenmuur i.v.m. de grotere muurdikte en het feit dat de kap in het algemeen alleen op de bouwmuren draagt.

## B5 Schijfwerking en herverdeling

Voor het inschatten van de veerstijfheid van de bestaande houten palen kan gebruik worden gemaakt van de vuistregel dat de zakking van de paalkop lineair evenredig is met de paalbelasting tot aan de veronderstelde bezwijkgrens, waarna de paalkop plastisch reageert (d.w.z. reactiekracht uit paal is gelijk aan maximale draagkracht). Als veerconstante wordt in de praktijk veelal uitgegaan van een zakking van 1 à 2 cm per 100 kN (rekenwaarde), dus  $k = 100 / 0,01$  à  $100 / 0,02 = 5.000$  à  $10.000$  kN/m. Voor nieuw te plaatsen palen kan de geotechnisch adviseur een inschatting geven van de veerconstante.

## B6 Overschrijding spanningen in metselwerk rond paalkoppen



Figuur B-1 Afmetingen voor bepaling metselwerkspanningen.

Direct boven de paalkop van een Rotterdamse paalfundering zal de verticale spanningscomponent  $\sigma_d$  in het metselwerk bij benadering gelijk zijn aan:

$$\sigma_d = \frac{F_d}{A_{paalkop}}$$

waarin:

$\sigma_d$  is de rekenwaarde van de optredende spanning in N/mm<sup>2</sup>;

$F_d$  is de rekenwaarde van de paalbelasting in N;

$A_{paalkop}$  is gelijk aan  $0,25 \pi \times D_{paalkop}^2$  in mm<sup>2</sup>;

waarbij spreiding door het langshout veiligheidshalve niet is meegenomen. Deze spanning ligt in de range tussen  $\sigma_d = 1,3$  tot  $4,8$  N/mm<sup>2</sup>, zie tabel B-1. De grijs gearceerde getallen zullen minder vaak voorkomen, omdat daar paaldiameter en paalbelasting in een ongebruikelijke verhouding tot elkaar staan.

Indien de druksterkte van het metselwerk niet via proeven bepaald is, kan uit de Nationale Bijlage<sup>11</sup> van Eurocode 6 een eerste indruk van de sterkte van hedendaags metselwerk worden verkregen.<sup>12</sup> Voor de karakteristieke waarde van de druksterkte  $f_{k,s}$  wordt daar in tabel 12 (NB-1) een minimale waarde gegeven van  $2,55$  N/mm<sup>2</sup> voor baksteen en metselmortel met een zeer lage druksterkte.

11 Nationale bijlage bij NEN-EN 1996-3-Eurocode 6: Ontwerp en berekening van constructies van metselwerk – Deel 3: Vereenvoudigde berekeningsmethoden voor constructies van ongewapend metselwerk.

12 Deze tabel verschilt op dit punt niet van die in de oude NEN 6791.

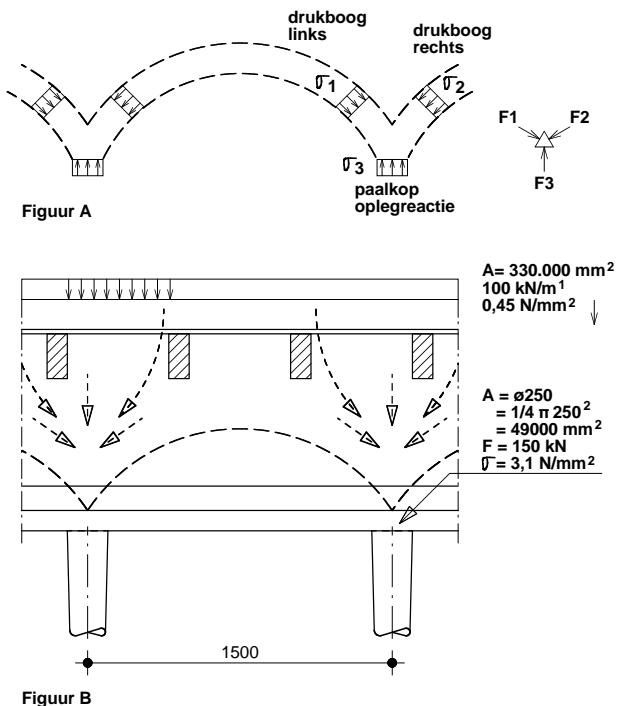
Tabel B-1 Ordegrootte van te verwachten drukspanningen in metselwerk direct boven de paal.

Rekenwaarde drukspanning in metselwerk  $\sigma_d$  direct boven langshout [N/mm<sup>2</sup>]

diameter paalkop [mm]	doorsnede $A_{\text{paalkop}}$ [mm <sup>2</sup> ]	Rekenwaarde paalbelasting $F_d$ [kN]							
		90	100	110	120	130	140	150	
200	31416	2,9	3,2	3,5	3,8	4,1	4,5	4,8	
225	39761	2,3	2,5	2,8	3,0	3,3	3,5	3,8	
250	49087	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,9	3,1	
275	59396	1,5	1,7	1,9	2,0	2,2	2,4	2,5	
300	70686	1,3	1,4	1,6	1,7	1,8	2,0	2,1	

**Opmerking**

Op enige hoogte boven de paal is sprake van een tweedimensionale spanningstoestand (samenkomen van horizontale en verticale componenten), waarbij de schuin omlaag gerichte drukspanning uit de beide bogen en de opwaarts gerichte paalreactie evenwicht maken, zie figuur A. De verticale component, samengesteld uit  $F_1$  en  $F_2$ , is echter nooit groter dan de paalreactie  $F_3$ , ook niet na ontbinding, anders zou de constructie niet in evenwicht zijn.



Het is afgeleid uit belasting versus oppervlak waardoor een zogenaamde fictieve druksterkte van 4,5 N/mm<sup>2</sup> kan worden gehanteerd bij funderingen op palen, zie 3.1.3 van [2].

Het is voor funderingsmetselwerk uit de periode 1900 - 1950 dan ook niet vanzelfsprekend dat de in tabel B-1 berekende drukspanningen door het metselwerk en het langshout kunnen worden opgenomen, zelfs indien in aanmerking wordt genomen dat door de rekenwaarde van de belasting en karakteristieke waarden van de materiaalsterkte nog wel enige afstand ligt tussen werkelijke belasting en werkelijke bezwijkgrens. Dit verklaart waarom langshout en soms zelfs ook het metselwerk direct boven de paal worden doorponst (zie figuur B-2).



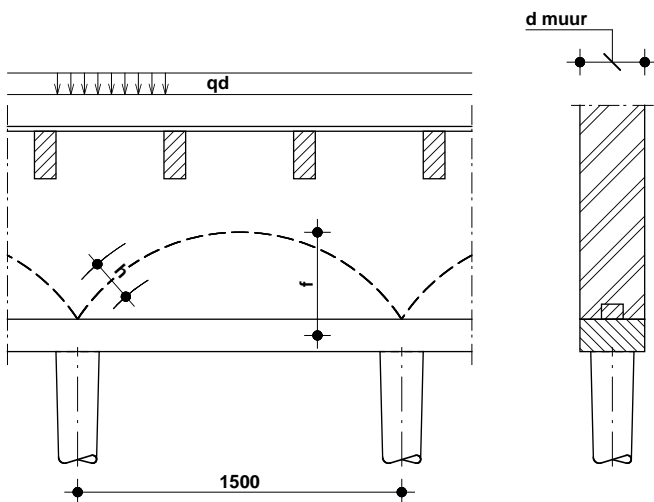
Figuur B-2 Voorbeeld van doorponsen langshout en metselwerk als gevolg van overschrijden maximaal opneembare drukspanning  $F_{d,paal} = 140 \text{ kN}$ ; paalkop  $\varnothing 250 \text{ mm}$ ;  $\sigma_d \approx 2,9 \text{ N/mm}^2$  [bron: funderingsherstel te Rotterdam]

Het langshout (veelal gezaagd grenen) zal in de richting loodrecht op de vezel een druksterkte hebben die niet veel hoger ligt dan 4,5 N/mm<sup>2</sup>. Dit heeft te maken met de lastspreading die verdisconteerd zit in de houtspanning.

Deze situatie doet zich met name voor indien het langshout in de loop der jaren is komen droog te staan en hierdoor zijn belastingspreidende functie niet meer

kan vervullen. Aanbevolen wordt voor herstelplannen deze contactspanning bij benadering te berekenen bij het in beeld brengen van de bestaande situatie. In sommige situaties is (een deel van) de aanwezige schade te verklaren door dit fenomeen. Indien deze spanningen relatief hoog zijn, is er reden om aan te nemen dat tijdens de uitvoering vervolgens ook een groter gevaar bestaat op trillingschade, bijvoorbeeld tijdens ontgraven of inbrengen van inwendig geheide stalen buispalen.

## B7 Bezwijken drukboog



Figuur B-3 Spanningen in drukboog.

Rekenvoorbeeld: bij een rekenwaarde van de belasting  $q_d = 100 \text{ kN/m}$ , een h.o.h.-afstand van de palen  $L = 1,50 \text{ m}$  en een peilmaat van de boog  $f = 0,75 \text{ m}$  bedraagt de drukkracht in de boog:

$$N_d = M_d / f = 1/8 q_d L^2 / f = 28 \text{ kNm} / 0,75 \text{ m} \approx 37 \text{ kN}$$

De rekenwaarde van de drukspanning in de in afbeelding B3 met h aangegeven drukboog bedraagt dan, bij metselwerk met een dikte van 220 mm en de aanname dat ook h ongeveer 220 mm bedraagt (gevolgklasse CC2, metselwerk categorie II, dus  $\gamma_m = 2,2$ ):

$$\sigma_d = N_d / A_{\text{drukboog}} = 37 \times 10^3 / (220 \times 220) = 0,76 \text{ N/mm}^2$$

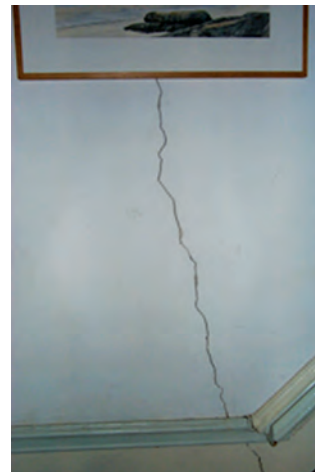
$$f_{k;s;d} = f_{k;s} / \gamma_m = 2,55 / 2,2 = 1,15 \text{ N/mm}^2$$

$$u.c. = \sigma_d / f_{k;s;d} = 0,66 < 1,0$$

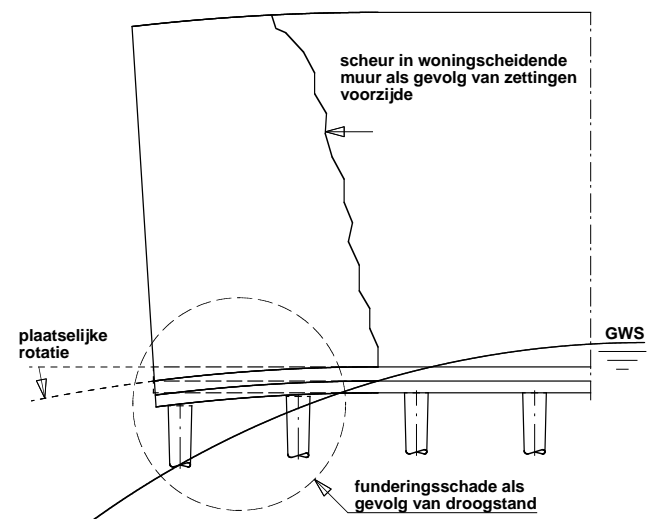
Knik wordt niet waarschijnlijk geacht in verband met de zijdelingse steun van de bodem en de bovenliggende muur.

## B8 Bezwijken metselwerk van de bouwmuur

Bij ongelijke matige zinking van het metselwerk in de woningscheidende muur treedt op den duur scheurvorming op. Een veel voorkomende situatie is die waarbij het metselwerk van de voorgevel samen met de voorste meters van de woningscheidende muur meer en/of sneller verzakken dan de verder naar achter gelegen delen van de woningscheidende muur en de achtergevel, zie figuur B-4. Dit kan bijvoorbeeld het gevolg zijn van droogstand van het funderingshout aan de voorzijde van het pand.



Figuur B-4 Scheur woningsscheidende muur als gevolg van droogstand bij voorgevel.



Figuur B-5 Schetsmatige weergave vaak voorkomende oorzaak scheuren in bouwmuur.

Voor de herstelfase dient op twee manieren rekening te worden gehouden met deze scheuren:

1. het metselwerk zal zich niet langer zonder meer als schijf gedragen als gevolg van dergelijke scheuren en;
2. constructieve scheurreparatie is vaak wenselijk om de samenhang en andere bouwkundige functies te herstellen.

Voor de benodigde vervormingen voordat dergelijke scheuren optreden wordt verwezen naar zie hoofdstuk A4600 SBR Funderingen [4], waarin ook een schematisch overzicht van de relatie tussen mogelijke vorm van scheuren en de vermoedelijke oorzaak is gegeven.

Rekenen aan scheurvorming is vrij complex, omdat de spanningsverdeling in een door ongelijkmatig zakkende palen ondersteunde muur niet goed met handberekeningen is te benaderen. Zelfs met de meeste eindige-elementen programma's is het materiaalgedrag van een dergelijke muur niet goed te benaderen, daar ook het gedrag na het optreden van scheurvorming eigenlijk moet worden meegenomen. Vaak wordt bij "gewone" funderingsherstelprojecten vrij pragmatisch omgegaan met deze materie: het budget laat uitgebreid rekenwerk niet toe. Nadere informatie over scheurcriteria en berekeningsmethodieken is gegeven in TU Delft publicatie [13].

## B9 Toetsingen metselwerk

De volgende toetsingen dienen te worden uitgevoerd:

$$F_d = q_d(a+b)$$

$$\sigma_d = \frac{F_d}{b \cdot d}$$

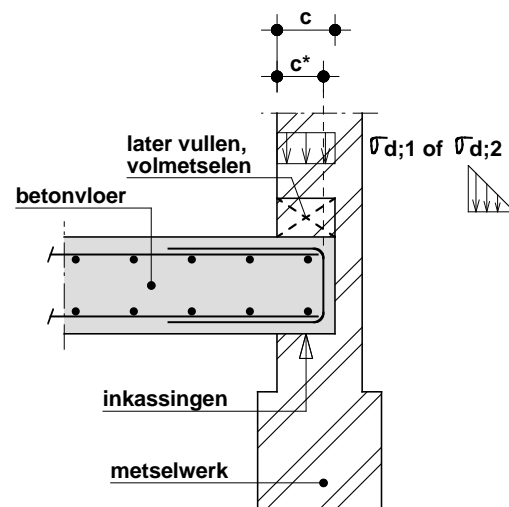
$$uc = \sigma_d / f'_{k;s;d} \leq 1$$

waarin:

- $F_d$  is de belasting per nok in kN;
- $q_d$  is de rekenwaarde van de belasting uit de bouwmuur in kN/m = N/mm;
- $a$  is de afstand tussen nokken (dagmaat) in mm;
- $b$  is de breedte van de nok in mm;
- $d$  is de muurdikte in mm;
- $\sigma_d$  is de oplegspanning in N/mm<sup>2</sup> ;
- $f'_{k;s;d}$  is de rekenwaarde van de druksterkte van het metselwerk in N/mm<sup>2</sup>.

*Inkassingen en sleuven – controle oplegspanning metselwerk (excentrisch)*

Wanneer de belasting uit de muur excentrisch aangrijpt ten opzichte van het hart van de inkassing of sleuf bestaat - eerder dan bij centrische belasting - de mogelijkheid dat door doorbuiging van de vloer de metselwerkspanning aan één zijde van de inkassing hoger is dan aan de andere zijde, zie figuur B6. Aangeraden wordt altijd beugels in de inkassing aan te brengen.



*Figuur B-6 Mogelijke spanningsverdeling bij excentrische oplegging metselwerk.*

Het wordt aan de inschatting van de constructeur overgelaten om te bezien welke spanningsverdeling aannemelijk is. Dit hangt af van de te verwachten vervorming van de constructie, de kwaliteit van het metselwerk en de mate waarin verwacht wordt dat een goede aansluiting tussen metselwerk en beton kan worden gerealiseerd.

$$F_d = q_d(a+b) \text{ (alleen bij inkassingen)}$$

plastisch:

(bij inkassingen)

of

(bij sleuven)

$$\sigma_{d;1} = \frac{F_d}{b \cdot c}$$

$$\sigma_{d;1} = \frac{q_d}{c}$$

$$uc = \frac{\sigma_{d;2}}{f'_{k;s;d}} \leq 1$$

lineair elastisch:  
(bij inkassingen)

of (bij sleuven)

$$\sigma_{d;2} = \frac{2 \cdot F_d}{b \cdot c}$$

$$\sigma_{d;2} = \frac{2 \cdot q_d}{c}$$

$$uc = \frac{\sigma_{d;1}}{f'_{k;s;d}} \leq 1$$

waarin:

c is de diepte van de inkassing of sleuf in mm;

c\* is de maat van het gewapende deel van de inkassing of sleuf in mm;

$\sigma_{d;1}$  is de oplegspanning in N/mm<sup>2</sup> volgens plastische spanningsverdeling;

$\sigma_{d;2}$  is de oplegspanning in N/mm<sup>2</sup> volgens lineair elastische spanningsverdeling

*nokken en inkassingen – controle boogwerking metselwerk tussen nokken*

$$M_d = \frac{1}{8} q_d (a+b)^2 \quad N_d = \frac{M_d}{f}$$

$$\sigma_d = \frac{N_d}{A_{drukboog}}$$

$$A_{drukboog} \approx d^2$$

$$uc = \sigma_d / f_{k;s;d} \leq 1$$

waarin:

f is de zelf te kiezen peilmaat van de boog die zich ook redelijkerwijs kan vormen (zie afbeelding B6) in mm.

*controle sterkte van beton en wapening*

De toetsing van beton en wapening moet geschieden volgens de vigerende regelgeving.

*controle metselwerk bij vastgegroute palen*

Bij het vastgrouten van een stalen buis (paal of mantelbuis) met diameter  $D_{uitw}$  zal de gemiddelde schuifspanning langs de schacht gelijk zijn aan:

$$\tau_{schacht;d} = \frac{F_d}{O \cdot L}$$

met

$$O = \frac{\pi}{4} \cdot D_{uitw}^2$$

waarin:

$F_d$  is de perskracht of uiteindelijke rekenwaarde van de paalbelasting in N;

O is de uitwendige omtrek van de stalen buis in mm;

L is de lengte waarover overdracht mogelijk is in mm.

De maximale schuifspanning dient te voldoen aan de volgende eis:

$$uc = \frac{\tau_{schacht;d}}{f_{v;grout;d}} \leq 1$$

Voor de waarde van  $f_{v;grout;d}$  dient te worden uitgegaan van een uit beproeving vastgestelde waarde. Qua orde grootte zal deze rekenwaarde van de maximale opneembare schuifspanning  $f_{v;grout;d}$  gewoonlijk liggen tussen 0,01 en 0,05 N/mm<sup>2</sup>. Indien de belasting alleen tijdens het inbrengen van de paal aanwezig is, kan worden gerekend met lagere belastingfactoren in verband met de tijdelijke situatie (bouwfase). Indien de belasting de definitieve rekenwaarde van de paalbelasting betreft, dient met de gebruikelijke belastingfactoren te worden gerekend.

# Bijlage C - Voorbeelden van offertes

## C1 Voorbeeldofferte voor een fundering op palen

bedrijf  
t.a.v.  
adres  
postcode / plaats

<< plaats>>, << datum >>

OFFERTE

**Betreft:** projectnaam

Werknummer:  
Uw ref.:  
Telefoon:  
e-mail:

Geachte heer, mevrouw,

Hierbij doen wij u een aanbieding toekomen voor het herfunderen van bovengenoemd project. De aanbieding is gebaseerd op de volgende gegevens:

- bezoek van .... , d.d. ....
- tekeningen met doorsneden, plattegronden en aanzichten, en/ of
- rapport funderingsonderzoek .... van ... d.d. ....

*Korte omschrijving van de werkzaamheden*

...

**De navolgende werkzaamheden worden door ons aangeboden:**

- het laten uitvoeren van een sondering;
- het verzorgen van het benodigde teken- en rekenwerk;
- het indienen van de tekeningen en berekeningen bij Bouw- en Woningtoezicht, exclusief het voldoen van de bouwleges;
- het doen van een vooropname bij het pand en de aangrenzende panden;
- de benodigde graafwerkzaamheden (indien noodzakelijk);
- het afvoeren van de vrijgekomen grond ca ... m<sup>3</sup>, mits niet vervuild \*);
- het leveren en aanbrengen van een werkvloer;
- het eenmalig aan- en afvoeren van de heistelling;
- het leveren en aanbrengen van stalen buispalen;
- het leveren en aanbrengen van de benodigde wapening t.b.v. vloer, wanden en balken;
- het leveren en aanbrengen van het benodigde bekistingmateriaal t.b.v. vloer, wanden en balken;
- het leveren en aanbrengen van het benodigde kimijzer tussen betonvloer en wanden;
- het leveren en aanbrengen van het benodigde beton t.b.v. vloer, wanden en balken;
- het ontkisten en afvoeren van het bekistingmateriaal;
- het opklaren van de werkplek.

*\*) Indien uit de grondanalyse blijkt dat de grond vervuild is, kunnen wij de grondwerkzaamheden conform BRL SIKB 7000, protocol 7001 uitvoeren. De financiële en planningstechnische consequenties zijn voor rekening van de opdrachtgever.*

**Totaalprijs: € \*\*.\*\*\*,\*\* exclusief BTW**

**De genoemde werkzaamheden zijn exclusief:**

- het verzorgen van benodigde vergunningen en voldoen van de bijkomende leges. De bijkomende leges worden u doorberekend met onderbouwing van de factuur;
- het leveren van water en elektriciteit (220 Volt);
- het verwijderen, opslaan en terugplaatsen van bestrating, hekwerk en beplanting;
- het leeg opleveren van de kruipruimtes;
- het verzorgen van wegafzettingen en/of omleidingplannen;
- het verzorgen van een "schoongrond" verklaring. De opdrachtgever dient voor aanvang van de werkzaamheden een milieukundige grondanalyse te overhandigen tenzij anders is overeengekomen;
- het verleggen van kabels, leidingen en/of rioleringen, Stelpost niet in de aanneemsom opgenomen € \*,\*\*;
- het herstellen van haarscheuren die tijdens de werkzaamheden kunnen ontstaan;
- werkzaamheden aan asbesthoudende materialen en/of het afvoeren hiervan;
- het leveren en aanbrengen van afwerkvloeren zoals zand- cementvloeren;
- het uitvoeren van alle overige bouwkundige werkzaamheden, welke niet specifiek vernoemd staan.

**Betaling:**

- binnen 8 dagen na factuurdatum onder vermelding van factuurnummer/werknummer;
- het BTW percentage bedraagt 19%.

**Factureringsstermijn:**

- in termijnen voor opdracht overeen te komen.

**Opmerkingen:**

- de uitvoering geschiedt in normale omstandigheden in een werkdag tussen 07.00 - 16.00 uur;
- wij zijn niet aansprakelijk voor het ontstaan en repareren van haarscheuren die tijdens de werkzaamheden kunnen ontstaan;
- indien de bestrating in openbare ruimte door derden (gemeente) herstraat moeten worden, zijn de kosten hiervoor niet in de aanbieding opgenomen;
- wij gaan ervan uit, dat er bij de werkplek voldoende ruimte is voor het door ons in te zetten materiaal en materieel;
- de door ons bedrijf aangebrachte vloer betreft een ruwe betonvloer welke met de hand is afgestroken;
- stagnatie als gevolg van ondergrondse obstakels worden verrekend op regie;
- (gevolg)schade als gevolg van ondergrondse obstakels kunnen niet op XXX verhaald worden.

Indien sprake is van verontreinigde grond geldt het volgende:

- De grondwerkzaamheden worden uitgevoerd conform BRL SIKB 7000, protocol 7001.
- Indien meer dan 50 m<sup>3</sup> (+/- 75 ton) verontreinigde grond van een adres afgevoerd zal worden, rust er een verplichting van de ontdoener/opdrachtgever om dit te melden bij de plaatselijk Milieudienst/bevoegd gezag. De plaatselijke milieudienst zal aangeven wat de benodigde stappen zijn.
- In eerste instantie dient een vooronderzoek plaats te vinden conform NVN 5725 (Nederlandse Voor Norm). Dit vooronderzoek betreft een archiefonderzoek. Aan de hand van de uitkomst van het vooronderzoek zal er een "in-situ" onderzoek plaats dienen te vinden. Dit betreft het feitelijke bodemonderzoek. Dit bodemonderzoek wordt gehouden aan de hand van NEN 5740.



- De uitkomst van het onderzoek wordt getoetst aan de streef- en interventiewaarden. Indien de uitkomst boven de streefwaarde komt heb je te maken met verontreinigde grond. Indien de uitkomst boven de interventiewaarde komt is er sprake van een ernstige bodemverontreiniging. Voor aanvang van de werkzaamheden dient dan eerst een saneringsplan opgesteld te worden.

Indien sprake is van een bemaling (grondwateronttrekking) geldt het volgende:

- Indien het onttrokken grondwater niet op de werkplek wordt gestort maar in het riool wordt gepompt, dient dit gemeld te worden bij de Provincie.

Vertrouwende u hiermee een passende aanbieding gedaan te hebben, verblijven wij.

Hoogachtend,  
<handtekening>  
XXX

Bijlage: Algemene Voorwaarden XXX (*altijd meesturen, ook digitaal*)  
Bijlage: eventuele certificaten VCA\*\*, ISO 9001, BRL SIKB 7000

## C2 Voorbeeldofferte voor een injectiewerk

Naam bedrijf  
T.a.v.  
Adres  
Postcode/ plaats  
Plaats, datum

**Project:** verbetering fundatieondergrond aan de ... te ....

**Referentie:** ...

Geachte heer, mevrouw,

In navolging op uw aanvraag heeft onze technisch adviseur u op <datum> een bezoek gebracht teneinde de situatie met betrekking tot de verzakte fundering te beoordelen.

Wij danken u voor het plezierige ontvangst en de verstrekte informatie. Een en ander geeft ons een juist inzicht in de situatie ter plaatse en in de mogelijkheden u van dienst te zijn bij het verbeteren van de fundatieondergrond.

Op basis van het bezoek en het onderzoek hebben wij een plan van aanpak en de daarbij behorende kostenbegroting opgesteld.

Vanzelfsprekend zijn wij voor vragen en/of overleg u graag van dienst. Belt u ons gerust.

Met vriendelijke groet,  
<naam bedrijf>  
i.o.  
<naam medewerker>  
<functie>

### **Probleemomschrijving**

Naar aanleiding van het bezoek van onze technisch adviseur alsmede uw toelichting kan de situatie als volgt worden omschreven:

<omschrijving probleem>

Besproken is om de ondergrond onder de fundering te verbeteren en daarmee het draagvermogen van de ondergrond te herstellen middels de <naam injectiemethode>.

De totale lengte van de te behandelen fundering is <aantal> m<sup>1</sup>.

Specificatie van de te behandelen fundering (zie het gearceerde deel op de bijgevoegde tekening):

<omschrijving plaats> (aantal m<sup>1</sup>).

De gemetselde fundering heeft een aanlegdiepte van ca. <aantal> cm onder maaiveld en de aanlegbreedte bedraagt ca. <aantal> cm.

Lifting is mogelijk voor zover de constructie van het bouwwerk dit toelaat. Tevens zijn de risico's besproken betreffende de leidingen; <naam bedrijf> is niet aansprakelijk voor eventuele schade aan en/of verstoppingen van leidingen.

### **Gegevens bodemonderzoek**

Door <naam bedrijf> is een bodemonderzoek verricht. De resultaten hiervan zijn vastgelegd in het rapport van <datum> met het opdrachtnummer <nummer>. Het niveau van de grondwaterspiegel is tijdens het onderzoek op ca. <diepte> m onder maaiveld vastgesteld. Voor zover bekend komen in de ondergrond geen lagen met organische bestanddelen voor.

### **Voorstel oplossing probleem**

Met de <naam> herstelmethodes wordt de fundatieondergrond verbeterd.

Korte omschrijving van de herstelmethodes.

### **Werkzaamheden uit te voeren door ##**

<naam bedrijf> voeren de werkzaamheden volledig zelfstandig uit met behulp van een compleet uitgeruste productie-eenheid met daarin de benodigde pompen, stroomvoorziening, laserapparatuur en handgereedschap.

<naam bedrijf> draagt zorg voor:

- een graafmelding bij het kadaster-KLIC (Kabels en Leidingen Informatie Centrum) voor aanvang van de werkzaamheden;
- de aan- en afvoer van de productie-eenheid met de benodigde apparatuur en medewerkers;
- het leveren van de benodigde grondstoffen op de werkplek;
- de uitvoering van de omschreven werkzaamheden;
- het verwijderen van de lege containers en de harsresten;
- het, indien mogelijk, verwijderen van alle injecteerlansen;
- het na afloop van de werkzaamheden opruimen en schoon opleveren van de werkplek.

Door de opdrachtgever en de verantwoordelijke medewerker voor dit project wordt een opleveringsformulier ondertekend, waarop eventuele gebreken vermeld kunnen worden.

### **Vorbereidingen en werkzaamheden uit te voeren voor de opdrachtgever**

De opdrachtgever draagt zorg voor:

- de bereikbaarheid van de locatie voor het plaatsen van de 18-tons vrachtwagen, lengte 10 m, breedte 3 m, hoogte 4 m. Maximale afstand vanaf de vrachtwagen tot de injectiepunten is 65 m;
- indien nodig een parkeeronthefing voor de vrachtwagen gedurende de werkzaamheden;
- de onbelemmerde toegang tot het pand vanaf de start en voor de duur van de werkzaamheden;
- het verplaatsen of verwijderen van goederen en andere objecten die de doorgang tot of de voortgang van het werk belemmeren volgens de instructies van de medewerkers;
- het tijdens de uitvoering van het werk beschikbaar zijn voor overleg of stelt daarvoor een vertegenwoordiger aan;
- indien er een kruipruimte aanwezig is dient deze toegankelijk te zijn tijdens de uitvoering;
- eventueel aanhelen van de bestrating.

### **Uitvoeringsduur**

Naar verwachting nemen de werkzaamheden <aantal> werkdag(en) in beslag.

### **Aanneemsom**

De aanneemsom voor uitvoering van de omschreven werkzaamheden bedraagt:

€ 0,00 excl. BTW (€ 0,00 incl. 19% BTW)

Inbegrepen zijn alle kosten voor transport, uitvoering werkzaamheden, materiaal en eventuele verblijfkosten. Deze prijsopgave is 3 maanden geldig, behoudens tussentijdse prijsstijgingen van de grondstoffen. Indien de prijs van de grondstoffen stijgt, wordt de prijsstijging doorberekend in de aanneemsom. Het totaalbedrag wordt gefactureerd *ná de uitvoering* van de werkzaamheden. De betalingstermijn is 30 dagen na factuurdatum.

### **Garantiebepalingen**

<naam bedrijf> garandeert de maatvastheid en de duurzaamheid van het aangebrachte <naam materiaal> voor een termijn van <aantal> jaar. De garantietermijn voor een vakkundige uitvoering van de in deze aanbieding omschreven werkzaamheden bedraagt <aantal> jaar.

Indien er gedurende de garantietermijn zettingen optreden zal <naam bedrijf> deze middels aanvullende injecties opheffen. De garantie vervalt bij natuurrampen, brand, explosies of andere gebeurtenissen, veroorzaakt door hoger geweld.

<naam bedrijf> zal de grootst mogelijke zorgvuldigheid in acht nemen om de in het injectiegebied aanwezige en door de opdrachtgever exact aan te geven installaties (kabels, riolering, leidingen etc.) niet te beschadigen. <naam bedrijf> kan echter niet aansprakelijk worden gesteld voor eventueel aan deze installaties toegebrachte schade.

Afhankelijk van de bodemgesteldheid en grondwaterstand kunnen na de injecties geringe secundaire zettingen optreden. Het is daarom raadzaam met de definitieve reparatie van de scheuren nog enkele maanden te wachten.

### **Afsluiting**

De <naam herstelmethod> biedt u een betrouwbare en duurzame oplossing voor uw zettingsproblemen. Zonder veel overlast (geen sloop, beperkte geluidsoverlast) wordt de draagkracht van de funderingsgrondslag verbeterd. Voor referenties verwijzen wij naar onze website: <websiteadres>. Wij

zijn ervan overtuigd u hiermee een passend voorstel te hebben gedaan en zien uit naar een effectieve en prettige samenwerking.

Binnenkort neemt een van onze medewerkers contact met u op om eventuele nog resterende vragen te beantwoorden of waar nodig een toelichting te geven.

Met een vriendelijke groet,

<naam bedrijf>

i.o.

<naam medewerker>

<functie>

# Bijlage D - Partieel of lokaal funderingsherstel

## Afwegingen technische keuze

Voor het bepalen van de funderingshersteleenheid is het kennen van de scheefstand, de zakkingsnelheid (door monitoring) en het resultaat van de lintvoegmeting van de probleempanen en hun belendingen van groot belang. Bij het ontbreken van enkele van deze gegevens is het aan de deskundigheid van de constructeur deze informatie af te leiden uit overige gegevens of ze alsnog te laten bepalen. Als slechts in een deel van een bouwblok funderingsherstel plaatsvindt, kan ten aanzien van het scharnierpand een keuze gemaakt worden uit de volgende varianten:

1. De gemeenschappelijke bouwmuur tussen het pand met funderingsproblemen en de belending zonder funderingsprobleem voorzien van een aparte gefundeerde bouwmuur en zodoende de panden constructief onafhankelijk van elkaar maken.
2. Funderingsherstel van een gedeelte van het pand (lokaal funderingsherstel).
3. Het probleempan slopen zodat geen scharnierpand ontstaat.
4. Periodiek onderhoud aan het scharnierpand erkennen en laten uitvoeren.
5. Aantoonbaar maken dat het scharnierpand geen functionele of constructieve schade zal ondervinden als gevolg van het funderingsherstel of -vernieuwing van het(de) probleempan(en).

De items 2, 4 en 5 worden hierna toegelicht. De items 1 en 3 zijn in D1 nader toegelicht.

### Ad 2. Lokaal funderingsherstel

Indien sprake is van een aantoonbaar lokaal gebrek, bijvoorbeeld een gebroken kesp of plaatselijke overbelasting ten gevolge van wijzigingen in de belastingafdracht, kan overwogen worden alleen het lokale gebrek te herstellen / verhelpen. De oplossing kan bijvoorbeeld bestaan uit kespherstel of het lokaal bijplaatsen van funderingspalen onder de bestaande muur. Indien funderingspalen worden bijgeplaatst zal dit moeten worden onderbouwd aan de hand van een berekening over de stijfheid van de bestaande funderingsconstructie en nieuwe funderingspalen.

### Ad 4. Onderhoudsplan opnemen

Voor het scharnierpand dat na herstel van het belendend pand met funderingsproblemen op termijn extra schade van functionele of constructieve aard zal ondervinden, kan een benadering naar de omvang en grootte van de verwachte scheurvorming worden opgesteld. Op basis

van deze benadering kan een onderhoudsplan worden opgesteld waarvoor een meerjarige kostenraming kan worden opgemaakt.

*Ad 5. Aantoonbaar maken dat bij partieel funderingsherstel aan het scharnierpand geen functionele of constructieve schade zal ontstaan*

Ten behoeve van het bepalen van een funderingshersteleenheid binnen een bouwblok dienen grenswaarden (zie tabel 2-3) te zijn vastgesteld die aangeven binnen welke hoekverdraaiing geen (extra) schade verwacht wordt aan belendingen. In D2 is dit aan de hand van een voorbeeld toegelicht.

## Voorwaarden

In veel gevallen is het niet direct mogelijk om bouweenheden of geveleenheden integraal van een nieuwe fundering te voorzien. Een geveleenheid bestaat uit een aantal constructief met elkaar verbonden panden met een ongedilateerde voor- en achtergevel. Een bouweenheid kan uit meerdere geveleenheden bestaan. Casco's met houten verdiepingsvloeren zijn over het algemeen wel in staat hoekverdraaiingen te ondergaan. Doorgaande gevels, met name ter plaatse van borstweringen, zijn veel slechter in staat om hoekverdraaiingen te ondergaan.

De belangen en financiële mogelijkheden van de verschillende eigenaren kunnen zeer divers zijn, waardoor het zinvol kan zijn te beoordelen of het funderingsherstel ook partieel uitgevoerd kan worden. Hiervoor is een grondige analyse nodig van de invloed van de gebreken op de opgetreden hoekverdraaiingen tussen het pand en de belendingen.

Incidenteel kan blijken dat integraal herstel niet noodzakelijk is, bijvoorbeeld bij:

- sterk verloop of wisseling in de vastheid van de zandlaag waarin de palen geplaatst zijn;
- lokaal hogere negatieve kleef bijvoorbeeld ten gevolge van een historisch verkavelingspatroon;
- een aanzienlijk verschil in maaiveldhoogte tussen voor- en achtergevel, waardoor panden voorover zakken naar de straatzijde. Dit effect is vaak het sterkst op de hoeken van bouweenheden.

In dergelijke gevallen zal partieel herstel leiden tot de mogelijkheid om integraal herstel niet, of gefaseerd uit te voeren.

Bij partieel funderingsherstel wordt in eerste instantie alleen het meest verzakte pand(en) voorzien van een nieuwe fundering. Dit pand zal na het funderingsherstel

nagenoeg niet meer zakken. Afhankelijk van de ligging van het herstelde pand kan daarbij voor de belendingen een afnemende of toenemende hoekverdraaiing ontstaan.

Voorwaarden voor partieel funderingsherstel zijn:

1. de oorzaak van de funderingsproblematiek is grondig geanalyseerd, en niet gelegen in droogstandsproblemen en/of bacteriële aantasting;
2. bij de start van de werkzaamheden zijn ter plaatse van de belendingen geen hoekverdraaiingen groter dan 1:75 opgetreden;
3. verschil in zakkingsnelheden zijn klein ( $\leq 1$  mm/jaar);
4. het betreft geen (beoogde) gemeentelijke- of rijksmonumenten.

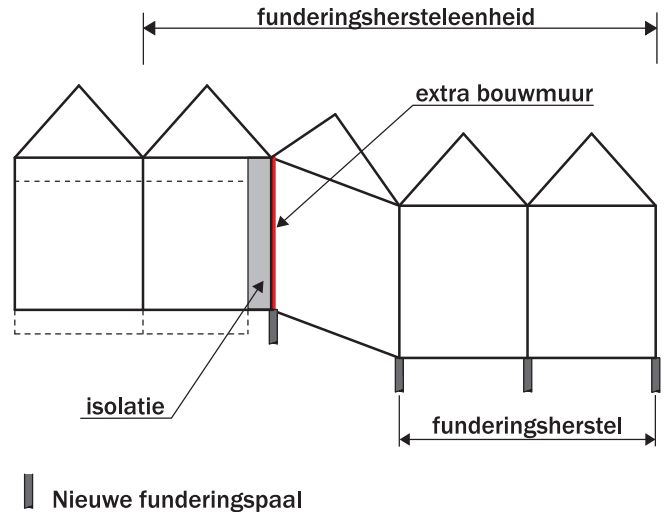
In D2 zijn twee voorbeelden van situaties uitgewerkt hoe de funderingshersteleenheid kan worden bepaald aan de hand van de gestelde grenswaarden en handhavingstermijn.

## D1 Toelichting items 1 en 3

De in de figuren aangegeven funderingshersteleenheid is suggestief.

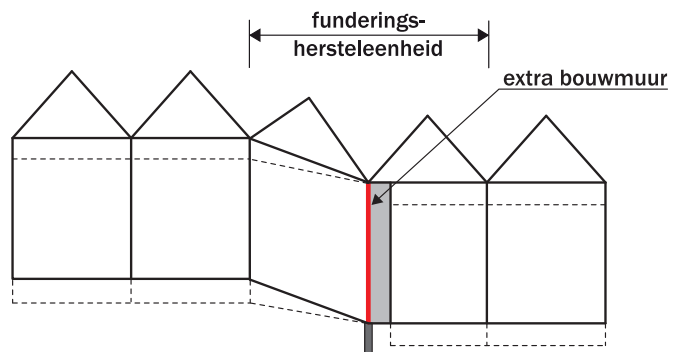
*Ad1. Aanbrengen van een extra bouwmuur*

Het (eind)pand van een reeks panden met een nieuwe fundering wordt voorzien van een zelfstandige draagmuur aan de niet herstelde belendingzijde, zie figuur D-1.<sup>13</sup> Hiertoe worden de draagbalken, de voor- en achtergevel en het dak constructief losgekoppeld van de belending. De nieuwe muur staat op de herstelde fundering en draagt de balken en het dak van dit pand. De voor- en achtergevel dient extra verankerd te worden. De stabiliteit van beide bouwdelen dient opnieuw beschouwd te worden in beide richtingen evenwijdig en loodrecht bouwblok. Er dienen zo nodig voorzieningen getroffen te worden (portaal, stabiliteitswanden). Aandacht dient besteed te worden aan de isolatie voor koude en vocht. Voor de overgang van de gevels en het dak naar de belending kan worden gekozen voor een flexibele verbinding of afdichting.



Figuur D-1 Extra bouwmuur met funderingsherstel.

Als alternatief kan gekozen worden om geen funderingsherstel uit te voeren en kan voor de variant van figuur D-2 worden gekozen.



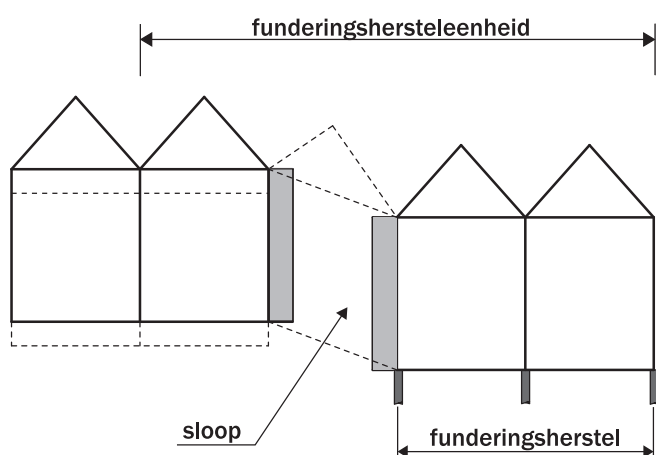
Figuur D-2 Extra bouwmuur zonder funderingsherstel

*Ad 3. Slopen van het scharnierpand*

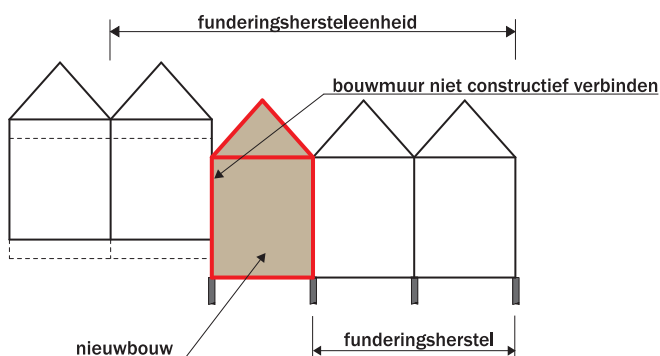
Bij een situatie waarbij een scharnierpand een funderingsprobleem optreedt kan dit pand worden gesloopt. In dit geval worden twee binnenmuren opgewaarderd tot buitenmuren, waarvoor bouwkundige maatregelen nodig zijn. In alle gevallen zal een isolatie tegen vocht en koude moeten worden aangebracht en zal aandacht besteed moeten worden aan het constructieve en esthetische geheel. Op de locatie van sloop kan nieuwbouw plaatsvinden dat vrij staat van de belendingen, zie figuur D-3.

<sup>13</sup> De figuren D-1 enz. betreffen een verticale, geschematiseerde doorsnede van een rijtje panden.

Optioneel kan het nieuwbouwpand worden gekoppeld aan het pand dat van een nieuwe fundering is voorzien terwijl de bouwmuur aan de andere zijde van het nieuwbouwpand vrij moet staan van de belending om zodoende geen scharnierpand te creëren, zie figuur D-4.

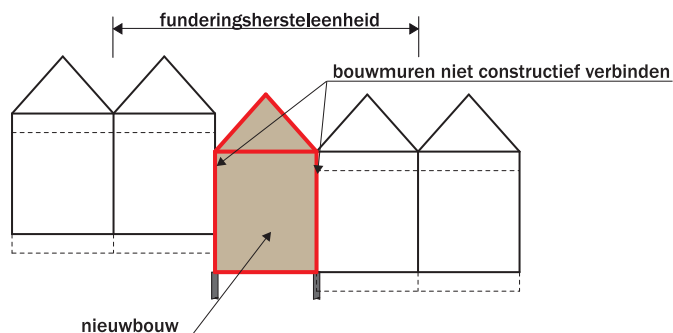


Figuur D-3 Sloop scharnierpand.



Figuur D-4 Sloop en nieuwbouw scharnierpand.

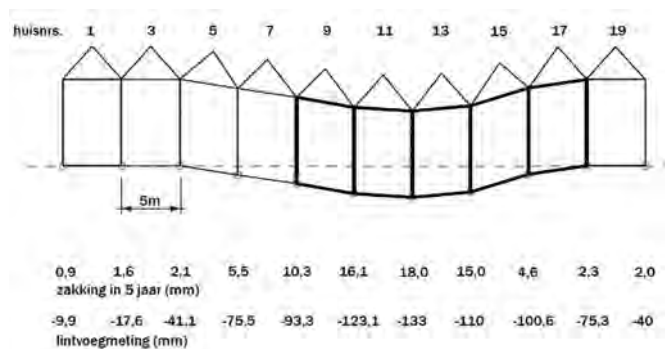
Ook kan een quasi vrijstaand pand in het bouwblok worden gebouwd. Indien alleen het scharnierpand funderingsproblemen heeft als gevolg van het zettingsverschil tussen beide belendingen, en daarmee de handhavingstermijnen van beide belendingen voldoende worden, kan funderingsherstel achterwege gelaten worden, zie figuur D-5.



Figuur D-5 Sloop en nieuwbouw zonder funderingsherstel.

## D2 Toelichting geval C uit tabel 2-2

Figuur D-6 geeft een schets van een rijtje panden (10 stuks) met een wisselende zakking.



Figuur D-6 Bouwkundige eenheid met 10 panden.

De panden 9 t/m 17 hebben funderingsprobleem en maken deel uit van 1 bouwblok van 10 panden. Naar aanleiding hiervan is er een funderingsonderzoek uitgevoerd waarbij de scheefstand en lintvoeg is gemeten. Er is daarna gedurende 5 jaar een nauwkeurigheidswaterpassing uitgevoerd. Uit dit onderzoek blijkt dat de meerjarige zetting van de bouwmuren van de panden 11 en 13  $\gg$  2 mm/jaar bedraagt. Enkele scheuren zijn voornamelijk inpandig te zien bij de gemeenschappelijke bouwmuren van de panden 9/11 en 11/13. De panden 11 en 13 hebben een onderlinge hoekverdraaiing van  $\gg$  1/300.

Bij geen herstel zal er binnen afzienbare tijd constructieve schade ontstaan bij de panden 11 en 13.

Er is geen droogstand en aantasting van de paalkoppen geconstateerd. Volgens het onderzoeksrapport is de

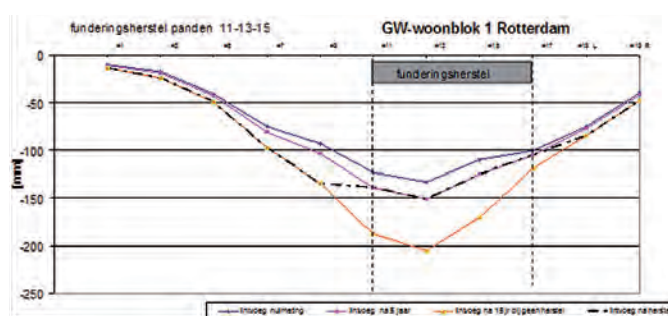
handhavingstermijn van de panden 11 en 13 < 10 jaar. Door de meetwaarden te extrapoleren valt af te leiden dat als er geen funderingsherstel plaatsvindt, er binnen 15 jaar bij de panden 9 en 15 een scheefstand >1/100 zal optreden en tevens bij de panden 15 en 17 een hoekverdraaiingsverschil van >1/300 zal optreden.

Als oorzaak van het funderingsprobleem is aangegeven dat de palen van de panden 11 en 13 als gevolg van negatieve kleef en/of onvoldoende inheidiepte aan zakking onderhevig zijn. Uit de sonderingen blijkt dat de draagkrachtige ondergrond ten opzichte van de nummers 1 t/m 5 dieper ligt en is waarschijnlijk destijds de paallengte of inheidiepte hierop niet aangepast.

### Beschouwing herstel panden 11 - 13 en 15

Als uitgangspunt wordt aangehouden dat de belendingen van de panden die voorzien zijn van een herstelde of nieuwe fundering binnen een gestelde periode geen schade hiervan mogen ondervinden. Hierbij wordt de aangehouden grenswaarden voor scheefstand  $\Theta$  en hoekverdraaiing  $\beta$  zoals in tabel D1 is aangegeven. In dit voorbeeld is een periode van 15 jaar aangehouden voor het bereiken van de grenswaarde voor scheefstand en hoekverdraaiing. De panden 9 en 17 worden na funderingsherstel of funderingsvernieuwing scharnierpanden en dienen te worden getoetst op schade na het funderingsherstel van de panden 11 – 13 en 15. Bij het funderingsherstel van de panden 11 - 13 en 15 behoren de gemeenschappelijke bouwmuren van de panden 9 en 17, vanwege mandeligheid zullen die panden betrokken worden bij het funderingsherstel. Voor het bepalen van de toetsing op toelaatbare hoekverdraaiing en scheefstand zal de situatie voor de komende 15 jaar worden beschouwd in het geval er geen funderingsherstel zou plaatsvinden en in het geval er wel funderingsherstel zou plaatsvinden. Figuur D-7

illustreert het verloop van de lintvoeg bij herstel van de panden 11-13 en 15. In tabel D-1 is voor beide situaties de scheefstands- en hoekverdraaiingsverschillen weergegeven. Het vermelde hoekverdraaiingsverschil betreft het verschil met het lager genummerde pand.



Figuur D-7 Lintvoeglijn na herstel panden 11 - 13 en 15.

Na het funderingsherstel is pand 11 - 13 en 15 gestabiliseerd en neemt de scheefstand niet meer af of toe. Na het funderingsherstel van de panden 11-13 en 15 zal in de loop van de tijd extra scheefstand en hoekverdraaiing toe of afnemen bij de belendende panden 9 en 17. Bij pand 17 is af te leiden de scheefstand als gevolg van het funderingsherstel van pand 15 afneemt en dat het hoekverdraaiingsverschil met de panden 15 en 19 binnen 1/300 blijft. Bij belendend pand 9 is de scheefstand afgenomen maar het hoekverdraaiingsverschil met pand 7 en 11 is toegenomen tot >1/300. Vanwege de toename in hoekverdraaiingsverschil bij de panden 7 en 11 wordt de situatie beschouwd als het pand 9 wordt meegenomen in het herstelplan.

### Beschouwing herstel panden 9-11-13 en 15

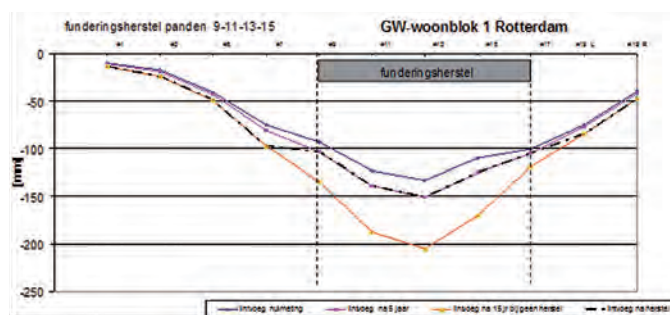
Als gevolg van het herstel van het extra pand 9 zal de belending 7 worden getoetst op scheefstand en hoekver-

Tabel D-1 Hoekverdraaiingsverschil na 25 jaar bij herstel panden 5 t/m 19.

Pand nr.	Geen funderingsherstel		Wel funderingsherstel 11 – 13 en 15	
	scheefstand	hoekverdraaiing	scheefstand	hoekverdraaiing
5	<1/100	<1/300	<1/100	<1/300
7	<1/100	<1/300	<1/100	<1/300
9	<1/100	<1/300	<1/100	<1/300
11	<1/100	<1/300	<1/100	<1/300
13	<1/100	<1/300	<1/100	<1/300
15	<1/100	<1/300	<1/100	<1/300
17	<1/100	<1/300	<1/100	<1/300
19	<1/100	<1/300	<1/100	<1/300



draaiing. Beschouwd zal worden of de hierboven beschreven situatie opgaat voor pand 7 na herstel van pand 9. Zie figuur D-8 en tabel D-2.



Figuur D-8 Lintvoeglijn na herstel panden 9 t/m 15

Als gevolg van het funderingsherstel van het pand 9 is het hoekverdraaiingsverschil tussen pand 7 en 9  $< 1/300$ , echter is het hoekverdraaiingsverschil tussen belendend pand 7 en pand 5 toegenomen tot  $> 1/300$ . Vanwege het hoekverdraaiingsverschil dat wordt overschreden tussen pand 7 en 5 wordt de situatie beschouwd als pand 7 ook wordt meegenomen in het herstelplan.

Tabel D-2 Scheefstand en hoekverdraaiingsverschil na 25 jaar bij herstel panden 7 t/m 17.

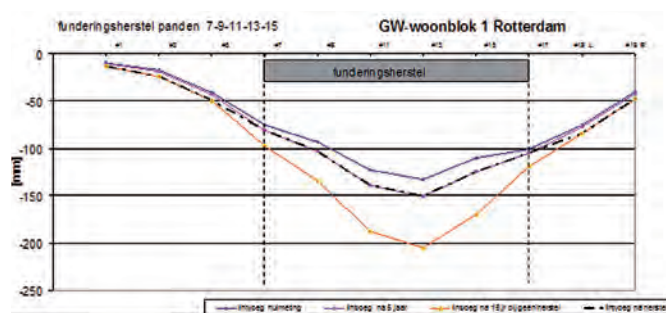
Pand nr.	Funderingsherstel 11 en 13		Funderingsherstel 9 - 11 - 13 en 15	
	scheefstand	hoekverdraaiing	scheefstand	hoekverdraaiing
5	$< 1/100$	$< 1/300$	$< 1/100$	$< 1/300$
7	$< 1/100$	$< 1/300$	$< 1/100$	$< 1/300$
9	$< 1/100$	$< 1/300$	$< 1/100$	$< 1/300$
11	$< 1/100$	$< 1/300$	$< 1/100$	$< 1/300$
13	$< 1/100$	$< 1/300$	$< 1/100$	$< 1/300$
15	$< 1/100$	$< 1/300$	$< 1/100$	$< 1/300$
17	$< 1/100$	$< 1/300$	$< 1/100$	$< 1/300$
19	$< 1/100$	$< 1/300$	$< 1/100$	$< 1/300$

Tabel D-3 Scheefstand- en hoekverdraaiingsverschil na 15 jaar panden 5 t/m 17.

Pand nr.	Funderingsherstel 9-11-13 en 15		Funderingsherstel 7- 9-11-13 en 15	
	scheefstand	hoekverdraaiing	scheefstand	hoekverdraaiing
5	$< 1/100$	$< 1/300$	$< 1/100$	$< 1/300$
7	$< 1/100$	$< 1/300$	$< 1/100$	$< 1/300$
9	$< 1/100$	$< 1/300$	$< 1/100$	$< 1/300$
11	$< 1/100$	$< 1/300$	$< 1/100$	$< 1/300$
13	$< 1/100$	$< 1/300$	$< 1/100$	$< 1/300$
15	$< 1/100$	$< 1/300$	$< 1/100$	$< 1/300$
17	$< 1/100$	$< 1/300$	$< 1/100$	$< 1/300$
19	$< 1/100$	$< 1/300$	$< 1/100$	$< 1/300$

### Beschouwing herstel panden 7-9-11-13 en 15

Als gevolg van het herstel van het extra pand 7 zal de belending 5 worden getoetst op scheefstand en hoekverdraaiing. Beschouwd zal worden of de hierboven beschreven situatie opgaat voor pand nr 5 na herstel van pand nr 7. Zie figuur D-9 en tabel D-3.



Figuur D-9 Verloop fictieve lintvoeg bij herstel van de panden 7 t/m 15.

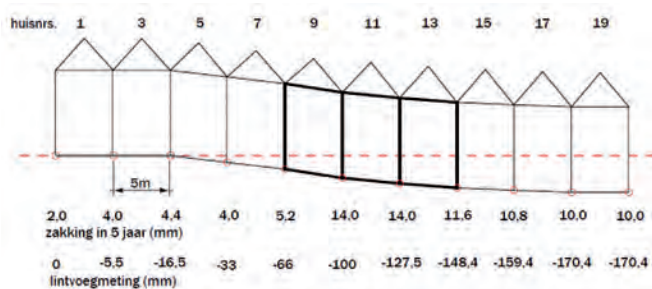
Tussen de panden 5 en 7 en tussen de panden 3 en 5 zal na het funderingsherstel van pand 7 op basis van gelijk blijvende omstandigheden het hoekverdraaiingsverschil

binnen 15 jaar minder zijn dan 1/300. Na funderingsherstel van de panden 7 t/m 15, geldt voor de scharnierpanden 5 en 17 dat deze binnen 15 jaar enigszins meer horizontaal komen te staan.

De conclusie die aan de hand van dit voorbeeld getrokken kan worden is dat op basis van de zakkingsnelheid, scheefstand en hoekverdraaiing een afweging gemaakt kan worden welke panden binnen een bouwblok of -rij voorzien moeten worden van een nieuwe fundering. Tevens is hiermee aangegeven op welke wijze de risico's binnen een gestelde periode tot schade aan de belending benaderd kan worden indien panden in een bouwblok of -rij enkelvoudig worden voorzien van een nieuwe fundering.

Met nadruk wordt opgemerkt dat een dergelijke beschouwing niet opgaat voor houten paalfunderingen die onderhevig zijn aan ernstige bacteriële aantasting of houtrot.

### D3 Toelichting geval D uit tabel 2-2



Figuur D-10 Bouwkundige eenheid met 10 panden.

De panden 9 t/m 13 hebben aangegeven funderingsprobleem te hebben en maken deel uit van een bouwblok van 10 panden. Het funderingsonderzoeksrapport geeft aan dat van de panden 11 t/m 17 de meerjarige zetting meer dan 2 mm/jaar bedraagt. Bij geen funderingsherstel zal de scheefstand en de onderlinge hoekverdraaiing bij de panden 9 - 11 en 13 in de tijd fors toenemen. Er is geen droogstand en aantasting van de paalkoppen geconstateerd.

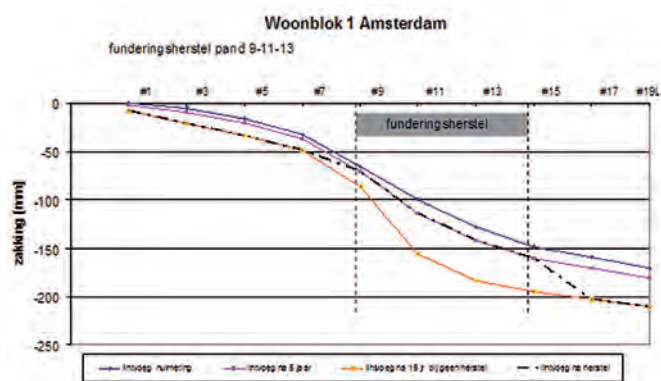
#### Beschouwing funderingsherstel bij panden 9- 11 en 13

Als uitgangspunt wordt aangehouden dat de belendingen van de panden, die voorzien worden van een herstelde of nieuwe fundering, binnen een gestelde periode geen

schade hiervan mogen ondervinden. Hierbij wordt aangehouden de grenswaarden voor hoekverdraaiing en scheefstand zoals in tabel 2-3 is aangegeven. In dit voorbeeld is een periode van 15 jaar aangehouden voor het bereiken van de grenswaarde.

De panden 7 en 15 worden na het funderingsherstel of funderingsvernieuwing scharnierpanden en dienen hierop te worden getoetst op scheefstand of hoekverdraaiingsverschil.

Bij het funderingsherstel van de pand 9- 11 en 13 behoren de gemeenschappelijke bouwmuren van de panden 7 en 15 en vanwege mandeligheid, zullen die panden betrokken worden bij het funderingsherstel. Voor het bepalen van de toetsing op toelaatbare hoekverdraaiing zal de situatie worden beschouwd in het geval er geen funderingsherstel zou plaatsvinden en in het geval er wel funderingsherstel zou plaatsvinden. In tabel D-4 is voor beide situaties de scheefstands- en hoekverdraaiingsverschillen weergegeven. Het vermelde hoekverdraaiingsverschil betreft het verschil met het lager genummerde pand. Figuur D-11 illustreert het verloop van de lintvoeg.



Figuur D-11 Lintvoeglijn na herstel pand 9-11 en 13.

Na het funderingsherstel is pand 9-11 en 13 gestabiliseerd en neemt de scheefstand niet meer af of toe. Na het funderingsherstel van deze panden zal in de loop van de tijd extra scheefstand en hoekverdraaiing toe of afnemen bij de belendende panden 7 en 15. Bij pand 15 is af te leiden dat de scheefstand als gevolg van het funderingsherstel van pand 13 weliswaar toeneemt maar binnen 1/100 blijft en het hoekverdraaiingsverschil met de panden 13 en 17 toeneemt tot > 1/300 . Bij belendend pand 7 is de scheefstand afgenomen en is het hoekverdraaiingsverschil toegenomen maar blijft < 1/300. Vanwege de toename >1/300 in hoekverdraaiingsverschil bij de panden 15 en

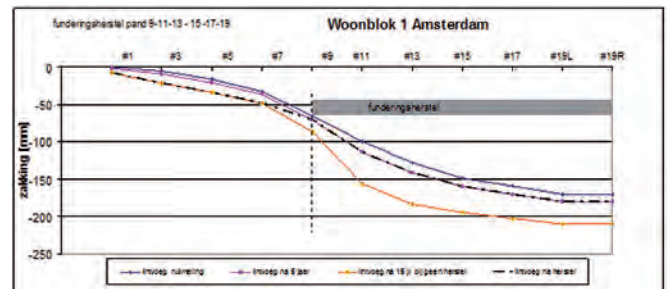
Tabel D-4 Scheefstand- en hoekverdraaiingsverschil na 15 jaar panden 5 t/m 19.

Pand nr.	Geen funderingsherstel		Wel funderingsherstel 9 – 11 en 13	
	scheefstand	hoekverdraaiing	scheefstand	hoekverdraaiing
5	<1/100	<1/300	<1/100	<1/300
7	<1/100	<1/300	<1/100	<1/300
9	<1/100	<1/300	<1/100	<1/300
11	<1/100	<1/300	<1/100	<1/300
13	<1/100	<1/300	<1/100	<1/300
15	<1/100	<1/300	<1/100	<1/300
17	<1/100	<1/300	<1/100	<1/300
19	<1/100	<1/300	<1/100	<1/300

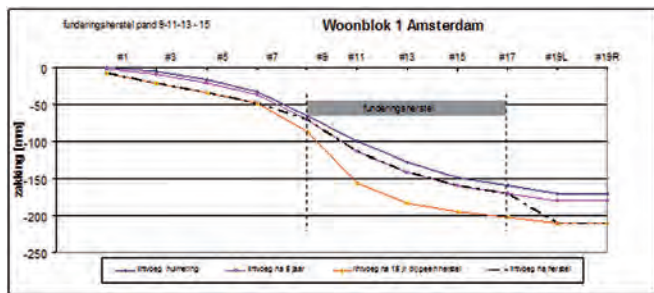
17 wordt de situatie beschouwd als het pand 15 wordt meegenomen in het herstelplan.

**Beschouwing herstel panden 9-11-13 en 15**

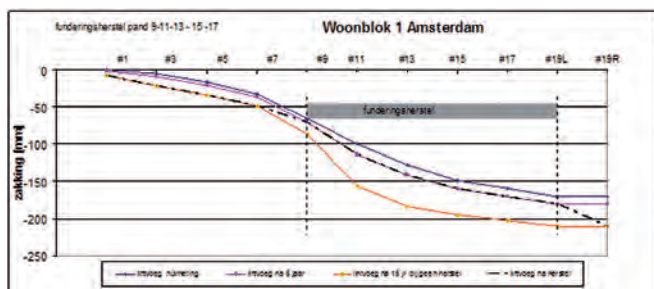
Als gevolg van het funderingsherstel van het extra pand 15 zal de belending 17 worden getoetst op scheefstand en hoekverdraaiing. Beschouwd zal worden of de hierboven beschreven situatie opgaat voor pand 17 na herstel van pand 15. Uit deze analyse blijkt al snel duidelijk dat het pand 17 nu ook funderingsproblemen heeft vanwege toenemende scheefstand en overmatige hoekverdraaiingsverschillen. Het zal onontkoombaar zijn dat alle panden met dezelfde orde van zettingsnelheid moeten worden voorzien van een nieuwe fundering. Zie figuur D-12, D-13 en D-14.



Figuur D-14 Lintvoeglijn na herstel pand 9-11-13-15-17 en 19.



Figuur D-12 Lintvoeglijn na herstel pand 9-11- 13 en 15.



Figuur D-13 Lintvoeglijn na herstel pand 9-11-13-15 en 17.



# Bijlage E - Aansprakelijkheidstelling

## E1 Bestuursrechtelijke aansprakelijkheidstelling

De bestuursrechtelijke mogelijkheden worden hoofdzakelijk bepaald door de Waterwet, zie art. 7.14 e.v.

### Artikel 7.14 Waterwet

1. Aan degene die als gevolg van de rechtmatige uitoefening van een taak of bevoegdheid in het kader van het waterbeheer schade lijdt of zal lijden, wordt op zijn verzoek door het betrokken bestuursorgaan een vergoeding toegekend, voor zover de schade redelijkerwijze niet of niet geheel te zijnen laste behoort te blijven en voor zover de vergoeding niet of niet voldoende anderszins is verzekerd.
2. Het verzoek tot vergoeding van de schade bevat een motivering, alsmede een onderbouwing van de hoogte van de gevraagde schadevergoeding. Bij of krachtens algemene maatregel van bestuur dan wel verordening van provincie of waterschap kunnen regels worden gesteld omtrent de inrichting, indiening en motivering van een verzoek tot schadevergoeding.
3. Het bestuursorgaan kan het verzoek afwijzen, indien vijf jaren zijn verlopen na de dag waarop de schade zich heeft geopenbaard dan wel nadat de benadeelde redelijkerwijs op de hoogte had kunnen zijn van de schade, doch in elk geval na verloop van twintig jaren na de schadeveroorzakende gebeurtenis. Bij of krachtens de in het tweede lid bedoelde algemene maatregel van bestuur dan wel verordening van provincie of waterschap kunnen regels worden gesteld omtrent de behandeling en de wijze van beoordeling van een verzoek tot schadevergoeding.

Van belang hierbij is op te merken dat een beroep op deze bepaling gedaan kan worden, ook al is er in het verleden geen bezwaar of beroep ingesteld. Dit is door de Afdeling bestuursrechtspraak van de Raad van State bevestigd (toen nog in het kader van de door de komst van de Waterwet vervallen Wet op de waterhuishouding).<sup>14</sup>

### Verjaring

Een schadevergoedingsclaim kan door een bestuursorgaan worden afgewezen indien vijf jaren zijn verlopen na de dag waarop de schade zich heeft geopenbaard dan wel nadat de benadeelde redelijkerwijs op de hoogte had

kunnen zijn van de schade (Art. 7.14, derde lid Waterwet). De mogelijkheid om een schadevergoedingsverzoek in te dienen verjaart in ieder geval na verloop van twintig jaren na de schadeveroorzakende gebeurtenis. Het betreft hier algemene toegepaste verjaringstermijnen binnen het bestuursrecht, dat overigens aansluit op de algemeen gehanteerde systematiek van verjaring in het Burgerlijk Wetboek. In verband met de rechtszekerheid kent het Nederlandse recht een zogenoemde bevrijdende of extinctieve verjaring. Deze termijn bedraagt in zijn algemeenheid twintig jaar na verloop van de schadeveroorzakende gebeurtenis. Bijzonder is dat de eerste verjaringstermijn (vijf jaren) pas begint te lopen op het moment dat de schade zich openbaart. De schadeveroorzakende gebeurtenis zelf is de start van de 'absolute' verjaringstermijn van twintig jaar. Duidelijk is dat deze verjaringstermijnen niet zo gemakkelijk toepasbaar zijn bij funderingsschade dat als een vorm van 'sluipende schade' moet worden beschouwd.

### Privaatrechtelijke aansprakelijkheidsstelling

Als er geen bestuursrechtelijke schadevergoedingsregeling openstaat, kan de privaot- of civielrechtelijke weg worden bewandeld. Een mogelijke veroorzaker kan in dat geval een onrechtmatige daad worden verweten (geregeld in het Burgerlijk Wetboek).

*Mogelijke aansprakelijkheidsstelling grondwateronttrekker*  
Wie schade lijdt als gevolg van een grondwateronttrekking kan zich beroepen op de schadevergoedingsregeling van de Waterwet. In principe moeten rechthebbenden (zoals huiseigenaren) een vergunde grondwateronttrekking gedogen, onverminderd het bepaalde in art. 7.18 Waterwet (voorheen art. 35 Gww). Dit artikel geeft een schadevergoedingsregeling die de vergunninghouder verplicht eventuele schade van de rechthebbende te ondervangen als vaststaat dat de onttrekking de schade heeft veroorzaakt. In eerste instantie via mitigerende/technische maatregelen en anders in de vorm van een financiële vergoeding. Onder omstandigheden kan een huiseigenaar (als eigenaar van een onroerende zaak) zelfs vorderen (bij de rechtbank) dat de vergunninghouder de onroerende zaak in eigendom overneemt (zie nu art. 7.18, derde lid Waterwet). Van belang hierbij is aan te tekenen dat een vergunning de houder ervan niet vrijwaart tegen aansprakelijkheid.

<sup>14</sup> Afdeling bestuursrechtspraak Raad van State, 15 augustus 1996, nr. G09.93.0159, zie: AB 1996, nr. 435 (m.nt. AvH) en M en R 1997/3, nr. 30 (m.nt. Verschuuren).

### Artikel 7.18 Waterwet

1. De schade aan een onroerende zaak, veroorzaakt door het onttrekken van grondwater of het infiltreren van water krachtens een watervergunning, wordt, voor zover dit redelijkerwijze kan worden gevergd, door de vergunninghouder ondervangen.
2. Voor zover de schade niet is ondervangen, is de vergunninghouder desgevorderd verplicht jegens ieder die enig recht op het gebruik of het genot van de onroerende zaak heeft, die schade te vergoeden.
3. Niettemin kan een eigenaar van de onroerende zaak, indien door de aard of de omvang van de schade de eigendom van die zaak voor hem van te geringe betekenis is geworden, vorderen dat de vergunninghouder de onroerende zaak in eigendom overneemt. De vordering kan worden gedaan zowel bij niet-aanvaarding van een als schadevergoeding aangeboden som als na aanvaarding daarvan.
4. Vorderingen, op grond van dit artikel staan ter kennisneming van de rechtbank binnen wier rechtsgebied de onroerende zaak of het grootste gedeelte daarvan is gelegen.

### Artikel 7.19 Waterwet

1. Hij, die op grond van artikel 7.18, eerste, tweede of derde lid, een vordering kan doen met betrekking tot schade in verband met een watervergunning voor het onttrekken van grondwater of het infiltreren van water als bedoeld in artikel 6.4 of 6.5, onderdeel b, dan wel krachtens een verordening van een waterschap, kan eerst aan gedeputeerde staten van de provincie waarin de in artikel 7.18 bedoelde onroerende zaak geheel of grotendeels is gelegen verzoeken een onderzoek in te stellen.

#### *Mogelijke aansprakelijkheidsstelling van de provincie*

De provincie is verantwoordelijk voor het strategisch grondwaterbeleid. Dit beleid is verankerd in het regionaal waterplan. De provincie is 'slechts' passief grondwaterbeheerder, waaronder met name vergunningverlening voor en registratie van onttrekkingen en infiltraties moeten worden begrepen. Nergens is geregeld dat de provincie ook de zorg heeft voor het actieve grondwaterbeheer: het realiseren en bewaken van een grondwaterpeil dat

overlast zoveel mogelijk voorkomt. Niet in de Waterwet (of voorheen de Gww), maar ook niet in een andere formele wet. Hiervoor heeft nu juist de gemeente per 1 januari 2008 een bijzondere zorgplicht gekregen (zie hierna).

*Mogelijke aansprakelijkheidsstelling van het waterschap*  
Wat betreft de positie van het waterschap geldt dat ook deze instantie geen actieve grondwaterbeheertaken heeft in het stedelijk gebied. In de praktijk hebben waterschappen hier indirect wel een belangrijke rol, doordat zij het peil van het onder hun beheer staande waterstelsel zodanig bewaken dat niet alleen het oppervlaktewater, maar met name ook het grondwaterpeil is toegesneden op de functie (bestemming) van de omgeving. Maar formeel is het waterschap geen grondwaterpeilbeheerder, ook niet onder de Waterwet. Dat is sinds 2008 de gemeente (zie verderop).

Mocht echter blijken dat het (feitelijk) oppervlaktewaterpeilbeheer (bij funderingsproblemen zal het dan meestal een peilverlaging betreffen) mede de schade heeft veroorzaakt, staat de bewoners ook hier een beroep open op art. 7.14 Waterwet.

#### *Mogelijke aansprakelijkheidsstelling van de gemeente*

De gemeente is op grond van de Gemeentewet belast met de gemeentelijke huishouding. Een algemene taakopdracht derhalve, waaruit tot 1 januari 2008 geen specifieke taken waren af te leiden met betrekking tot de actieve beheersing van de grondwaterstand. De gemeente kon hiertoe dan ook niet wettelijk worden verplicht. Een grondwatertaak kon en kan evenmin uit de Woningwet, het Bouwbesluit of de Wet milieubeheer worden afgeleid. Dit is diverse malen in jurisprudentie gebleken.<sup>15</sup>

Sinds 2008 heeft de gemeente een grondwaterzorgplicht (zie 3.6 Waterwet). Deze zorgplicht wordt nader beschreven in par. 3.3.8. Op deze plaats valt al op te merken dat de gebouweigenaar met funderingsschade hier in beperkte mate wat aan heeft. De gemeente kan worden verzocht *verdere* schade aan de funderingen te voorkomen, bijvoorbeeld door in de openbare ruimte infiltratievoorzieningen aan te leggen. Als een dergelijke maatregel doelmatig zou zijn – hierbij spelen de omvang

<sup>15</sup> Rb. Amsterdam, 11 september 1996, rolnr. H.94.0565 en Hof 's-Hertogenbosch 13 november 1996, rolnr. 366/94/HE, beide opgenomen in Bouwrecht 1997, p. 872, resp. p. 874. Meest bekend is echter de zaak Almelo, Hof Arnhem, 3 juni 1997, rolnr. 96/118, BR. 1997, nr. 10, p. 877 en (daarvoor) Rechtbank Almelo, 6 december 1995, NJ 1996, 723. (Ontleend aan Van Hall (1998), p. 993).

van het probleem en het kostenaspect een belangrijke rol – kan de gemeente gehouden worden maatregelen te nemen. In het gemeentelijk rioleringsplan geeft de gemeente aan of en zo ja welke maatregelen zij zal nemen.

De zorgplicht werkt niet met terugwerkende kracht en dat heeft als praktische betekenis vooral dat een gemeente niet met een beroep op deze nog vrij nieuwe zorgplicht aansprakelijk kan worden gesteld voor al jaren aanwezige schade.<sup>16</sup> In dit verband moet ten slotte worden opgemerkt dat de gemeente volgens art. 3.6, eerste lid Waterwet niet verantwoordelijk gehouden kan worden voor het treffen van maatregelen als de oorzaak van het probleem bij het waterschap of de provincie ligt. Te denken is hierbij aan de werking van een peilbesluit van het waterschap of een verleende watervergunning voor een grondwateronttrekking.

#### *Gemeentelijke grondwaterzorgplicht*

Dat een gemeente niet met een beroep op de zorgplicht aansprakelijk kan worden gehouden (zie par. 3.3.5), betekent niet dat de gemeente niets moet doen: aansprakelijkheid en verantwoordelijkheid zijn verschillende zaken. De gemeentelijke grondwaterzorgplicht, die als een inspannings- en niet als resultaatsplicht is geformuleerd, maakt immers geen onderscheid tussen nieuwe en bestaande gevallen. De grondwaterzorgplicht houdt in dat de gemeente in het openbaar gemeentelijke gebied waterhuishoudkundige maatregelen moet treffen om structureel nadelige gevolgen van de grondwaterstand voor de aan de grond gegeven bestemming zo veel mogelijk te voorkomen of te beperken. Dit geldt voor zover het treffen van die maatregelen doelmatig is en dit niet tot de verantwoordelijkheid van het waterschap of de provincie behoort. Vooral de doelmatigheidseis is van belang: de gemeente is niet gehouden tot ondoelmatige maatregelen. Hier ligt wel een erg belangrijke motiveringsplicht voor de gemeente. Het Gemeentelijk RioleringsPlan (GRP) moet een overzicht geven van de voorgenomen maatregelen om nadelige gevolgen van de grondwaterstand te voorkomen of beperken en de financiële gevolgen hiervan. In het plan moet worden opgenomen welk afwegingskader de gemeente gebruikt bij de uitvoering van de diverse zorgplichten, waaronder dus ook de grondwaterzorgplicht. Gemeenten hebben

hierbij een zekere beleidsvrijheid, maar motiveren van het beleid (waarom iets wel of juist niet doen?) is, in lijn met het motiveringsbeginsel, als één van de algemene beginselen van behoorlijk bestuur, cruciaal. Uit het GRP moet ook kunnen worden opgemaakt wanneer kan worden gesproken van structurele grondwaterstandproblemen, zodat particulieren kunnen weten in welke omstandigheden zij maatregelen van de gemeente mogen verwachten. Hier niet aan voldoen levert strijd op met een wettelijke plicht, te weten de zorgplicht zelf.

De zorgplicht beperkt zich tot waterhuishoudkundige maatregelen in het openbaar gemeentelijke gebied. Feitelijk begint deze daar waar de eigen privaatrechtelijke verantwoordelijkheid ophoudt. Voorop gesteld moet immers worden dat perceels-/huseigenaren zelf verantwoordelijk zijn voor de staat van het pand en het perceel. Een belangrijk uitgangspunt van het schadevergoedingsrecht is dat ieder in beginsel zijn of haar eigen schade draagt. Schade aan een eigendom komt dan ook voor eigen rekening, of het nu de reparatie van een lek dak, het waterdicht maken van een kruipruimte of kelder of het herstel van bijvoorbeeld de fundering betreft. Uit jurisprudentie is meermalen gebleken dat de perceeleigenaar zelf verantwoordelijk is voor de wering van grondwater in, onder en om zijn pand.<sup>17</sup> Het hof Den Bosch oordeelde in een zaak zelfs dat voorzieningen tegen grondwateroverlast onder de gewone lasten van de erfpachter vallen en daarmee voor zijn eigen rekening komen. Eigenaren dienen zelf zorg te dragen voor een goede staat van de bij hen in eigendom zijnde percelen en gebouwen. In dat kader moeten zij zelf waterhuishoudkundige en/of bouwkundige maatregelen treffen.

#### *Concreet invulling geven aan de zorgplicht*

De grondwaterzorgplicht is te beschouwen als een nadere uitwerking van de algemene beginselen van behoorlijk bestuur zoals deze zijn neergelegd in de Algemene wet bestuursrecht (Awb). De Awb kent verschillende bestuursbeginselen die gelden bij de voorbereiding van besluiten en feitelijke werkzaamheden. Er hoort zorgvuldig te werk worden gegaan. De gemeente zal zich, door (bijvoorbeeld onafhankelijk) onderzoek, een goed beeld moeten vormen van de bij de funderingsproblematiek betrokken belangen (zorgvuldigheidsbeginsel). Het heeft de plicht te beoordelen of een voorgenomen besluit tot bijvoorbeeld het

<sup>16</sup> Vgl.: Kamerstukken II, 2006/07, 30578, nr. 6, p. 2.

<sup>17</sup> Hof 's-Hertogenbosch 13 november 1996, rolnr. 366/94/HE, Bouwrecht 1997, p. 874. Zie ook Gerechtshof Arnhem, 3 juni 1997, BR 1997/10, p. 877.

vervangen van een riolering geen onevenredige nadelige gevolgen heeft en of die eventueel technisch en/of (aanvullend) financieel te compenseren zijn (vgl. het evenredigheidsbeginsel). Als er geen mitigerende en/of compensatiemaatregelen zijn, kunnen belanghebbenden betogen dat het besluit onrechtmatig tot stand is gekomen en vernietigd moet worden.<sup>18</sup>

Van belang is de vraag hoeveel onderzoek er gedaan moet worden en op welk detailniveau. Onderzoek kan op veel manieren plaatsvinden. Funderingsonderzoek is kostbaar, zeker wanneer elke funderingspaal zou moeten worden onderzocht. Voor een representatieve en betrouwbare uitkomst is het echter niet nodig de gehele fundering te inspecteren. Van belang hierbij is ondermeer dat er een redelijke balans is tussen de onderzoeksinspanning enerzijds en de mogelijke schade door te treffen maatregelen anderzijds. Het is van belang dat (in eerste instantie: technisch mitigerende) maatregelen worden genomen die verdergaande schade zoveel mogelijk voorkomen. Er dient dus als uitgangspunt een zogenaamd 'standstill-beleid' gehanteerd te worden: voor de individuele huiseigenaren mag de grondwatersituatie niet verslechteren. Tegelijkertijd geldt in dit geval dat men van de gemeente niet kan verwachten dat zij bijvoorbeeld de al decennia aanwezige aantasting van de houten paalfunderingen of andere vormen van schade geheel aanpakt. Verdere schade voorkomen (door de grondwatersituatie te reguleren) is wat anders dan schade bouwkundig volledig te herstellen. Onderzoek is te onderscheiden in een nulsituatieonderzoek en een maatregelen- of effectenonderzoek. Bij een nulonderzoek wordt de huidige stand van zaken voor zowel de grondwatersituatie als de fundering in beeld gebracht. Om de huidige grondwatersituatie in beeld te brengen kunnen peilbuizen worden geplaatst. Het funde-

ringsonderzoek is gericht op de hoogte van het funderingshout. Een deel van deze informatie is vaak al wel te verkrijgen door bestudering van het gemeentearchief met daarnaast een steekproefonderzoek ter verifiëring van de bevindingen uit het archiefonderzoek. Als er geen gegevens voorhanden zijn, zal een steekproef moeten worden uitgevoerd (bijvoorbeeld per bouwkundige eenheid), zodanig dat een redelijk betrouwbaar beeld ontstaat.

## E2 Privaatrechtelijke aansprakelijkheidstelling

Als iemand tegenover een ander een onrechtmatige daad (OD) pleegt die hem is toe te rekenen, is hij verplicht de daaruit volgende schade van de ander te vergoeden (art. 6:162 BW). In principe kan elk der partijen geconfronteerd worden met een OD-claim, zij het dat deze weg in beginsel niet openstaat als er een specifiek bestuursrechtelijke mogelijkheid is.

Voor het slagen van een OD-actie zijn vijf eisen van belang. Er moet sprake zijn van:

1. *Een onrechtmatige daad.* Er zijn drie soorten handelingen die een onrechtmatige daad opleveren:

- inbreuk op een recht, zoals een eigendoms-, pacht- of gebruiksrecht;
- iets doen of nalaten in strijd met een wettelijke plicht (nationaal, maar ook bijvoorbeeld handelen in strijd met Europese richtlijnen);
- iets doen of nalaten in strijd met een ongeschreven maatschappelijke regel, met name ongeschreven zorgvuldigheidsnormen.

Een handeling is niet onrechtmatig als er een rechtvaardig-

Onderzoek	Nulsituatieonderzoek	Effectenonderzoek	Toelichting
<b>Bouwkundig</b>	Bestudering archieven, e.d. + (per bouwkundige eenheid) steekproeven	Bedenken meest doelmatige maatregelen en effect hiervan	Verantwoordelijkheid perceels-eigenaar
<b>Grondwatersituatie</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Archiefonderzoek naar huidige en historische grondwaterstanden</li> <li>• Huidige grondwatersituatie in beeld brengen en de wenselijke ontwateringsdiepte vaststellen</li> </ul>	Bedenken meest doelmatige maatregelen en de gevolgen hiervan voor de omgeving	Verantwoordelijkheid perceels-eigenaar maar de gemeente heeft een grondwaterzorgplicht

18 Zie ABRvS, 9 juli 2003, LJN-nr. AH9396 waar de staatssecretaris van Verkeer en Waterstaat verweten werd bij het tracébesluit Zandmaas/Maasroute geen rekening te hebben gehouden met de gevolgen van het besluit voor de grondwaterstand bij bepaalde woningen.



gingsgrond is. Bijvoorbeeld overmacht of als de handeling verplicht was op grond van een wettelijk voorschrift.

2. *Toerekening van deze daad aan de dader*. Een onrechtmatige daad is toerekenbaar aan de dader als de daad zijn schuld is of als de oorzaak ervan volgens de wet of algemeen geldende opvattingen voor zijn rekening komt (art. 6:162 BW). Hierbij is onderscheid tussen schuld- en risicoaansprakelijkheid. Ook als iemand goed beschouwd niet schuldig is, kan hij toch aansprakelijk zijn, omdat de gemaakte fout voor zijn risico komt.

3. *Schade*. Enige schade is al voldoende dus dat leidt zelden tot bewijsproblemen.

4. *Causaal verband tussen de daad en de schade*. Van causaal verband tussen de daad en de schade is sprake als de schade zich niet zou hebben voorgedaan als de onrechtmatige daad niet was gepleegd.

5. Als laatste geldt het zogenoemde *relativiteitsvereiste* (art. 6:163 BW): de geschonden regel moet tot doel hebben de benadeelde te beschermen tegen de geleden schade.

#### *De zaak Dordrecht*

Voor een OD-actie is in de praktijk vooral de causaliteitseis van belang. Zeker voor de bewoners is deze eis (zowel feitelijk als juridisch) van belang wanneer wordt bedacht dat er verschillende denkbare oorzaken in het spel zijn. Illustratief is hier de paalrotzaak in de gemeente Dordrecht waar in eerste instantie de rechtbank Dordrecht oordeelde dat niet is gebleken dat de gemeente laks is geweest in haar rioleringsbeleid, dat zij adviezen van deskundigen zou hebben genegeerd of dat zij maatregelen heeft genomen die zij niet had moeten nemen.<sup>19</sup> Gelet op de concrete omstandigheden van het geval, de verschillende bij haar beleid betrokken belangen en de middelen die tot haar beschikking staan, is de gemeente volgens de rechtbank niet beneden de zorg van een goed beheerder gebleven. De gemeente is niet schadeplichtig omdat niet vast is komen te staan dat zij is tekortgeschoten in haar zorgplicht. Eisers - onder wie de Belangenvereniging Funderingsproblematiek - stelden de gemeente Dordrecht aansprakelijk op grond van de aanwezigheid van een gebrekkige opstal in de zin van artikel 6:174 BW,

nu het rioleringsstelsel (juridisch een opstal) zodanige lekkages vertoont dat sprake is van grondwaterpeilverlaging in de directe omgeving van die riolering. Subsidiar stelden eisers dat de gemeente aansprakelijk is uit hoofde van artikel 6:162 BW, nu zij als rioolbeheerder tekort is geschoten in de op haar rustende verplichtingen. Het Gerechtshof in Den Haag oordeelde in hoger beroep in dezelfde zin.<sup>20</sup> De belangenvereniging gaat in cassatieberoep bij de Hoge Raad.

## E3 CAR verzekering

De CAR verzekering is een zogenaamde rubriekenverzekering. De basis van deze verzekering is Rubriek I (*Het Werk*). Zonder rubriek I kan geen polis worden gesloten. De overige Rubrieken II t/m VI zijn optioneel. In geval van funderingsherstel zijn Rubriek II (*Aansprakelijkheid*) en Rubriek III (*Bestaande eigendommen Opdrachtgever*) noodzakelijk. In sommige situaties kan het tevens van belang zijn om Rubriek IV (*Hulpmateriaal*), Rubriek V (*Eigendommen directie en personeel*) en Rubriek VI (*Transport van bouwmaterialen*) op de CAR polis mee te verzekeren. De dekking kan verder nog worden uitgebreid voor materiële schade die pas aan het licht komt na de oplevering van het werk, door het meeverzekeren van een onderhoudstermijn. Deze wordt vaak contractueel vastgelegd in het bestek of in de aannemingsovereenkomst.

#### *Rubriek I (Het Werk)*

Biedt dekking voor materiële schade (blijvende verandering van vorm en structuur) aan het werk zelf. Feitelijk moet er dus iets kapot zijn, ongeacht de oorzaak. Deze schade kan het gevolg zijn van materiaal- en constructiefouten, maar ook van menselijk handelen, vandalisme, diefstal, brand, storm en andere van buiten komende onheilen.

#### *Rubriek II (Aansprakelijkheid, op of rond de bouwplaats)*

Biedt dekking voor materiële en letselschade aan derden, die een rechtstreeks gevolg zijn van de uitgevoerde bouwactiviteiten en waarvoor de aansprakelijk kan worden aangetoond. Bij funderingsherstel zijn dit bijvoorbeeld scheuren en zettingen aan belendende panden, die het gevolg zijn van heiwerkzaamheden, inbrengen van damwanden, onttrekken van grondwater en dergelijke.

<sup>19</sup> Rechtbank Dordrecht, 22 juli 2009, zaaknummer/ rolnummer: 67634 / HA ZA 06-2782.

<sup>20</sup> Hof Den Haag, 15 maart 2011, zaaknummer 200.049.029/01. Rolnummer rechtbank: HA ZA 06-2782.

*Rubriek III (Bestaande eigendommen van de Opdrachtgever)*

Biedt dekking voor materiële schade aan de eigendommen van de opdrachtgever, die het gevolg zijn van de uitgevoerde bouwactiviteiten en waarvoor een oorzakelijk verband kan worden vastgesteld. In het geval van funderingsherstel kan dit bijvoorbeeld zijn scheurvorming in en zettingschade aan het eigen pand als gevolg van heiverkzaamheden, inbrengen van damwanden, aanbrengen van hulp-, stempel- en stutconstructies en dergelijke.

*Rubriek IV (Hulpmateriaal)*

Onder deze rubriek bestaat dekking voor materialen, die nodig zijn ten behoeve van de uitvoering van het project, maar die niet permanent deel uitmaken van het bouwwerk. Naast materiële schade is onder deze rubriek ook het diefstalrisico van die hulpmaterialen verzekerd. In principe is onder deze rubriek alleen dekking voor het hulpmateriaal in eigendom van of gehuurd door de verzekeringsnemer op wiens naam de verzekering is afgesloten. Voor het hulpmateriaal dat eigendom is van de andere onder de polis meeverzekerde partijen bestaat derhalve geen dekking. Dit geldt ook voor varend, drijvend en rijdend werkmaterieel.

*Rubriek V (Eigendommen directie en personeel)*

Onder deze rubriek bestaat dekking voor de persoonlijke eigendommen van de (bouw)directie en het personeel die op de bouwlocatie aanwezig zijn. Het gaat dus niet om de eigendommen die op naam staan van de bij de bouw betrokken bedrijven. Behalve tegen materiële schade zijn deze persoonlijke eigendommen ook tegen diefstal verzekerd. Uitgesloten zijn motorrijtuigen en andere mechanisch voortbewogen transportmiddelen, geld en geldswaardige papieren.

*Rubriek VI (Transport)*

Onder deze rubriek bestaat dekking tegen materiële schade en diefstal van bouwcomponenten, ontstaan tijdens het transport tussen de plaats van afzending en de bouwlocatie, mits dit transport voor rekening en risico van verzekeringnemer is.

# Bijlage F - Funderingsherstel en het publiekrecht

Het publiekrecht geeft regels ten aanzien van de verhouding tussen de burger en de overheid.

## De vergunningsaanvraag

Bij het uitvoeren van funderingsherstel is de publieksrechtelijke regelgeving van toepassing. Deze bijlage beoogt een overzicht te geven van wetten, verordeningen, voorschriften en regelingen die specifiek voor activiteiten rondom funderingsherstel gelden. In 3.14 is vermeld dat voor funderingsherstel een omgevingsvergunning noodzakelijk is. Dit volgt uit hoofdstuk 2 van de *Wet Algemene Bepalingen Omgevingsrecht (Wabo)*. In de eerste twee paragrafen van dat hoofdstuk zijn activiteiten genoemd waarvoor een aanvraag tot omgevingsvergunning moet worden ingediend. Het is mogelijk om voor elke activiteit afzonderlijk een omgevingsvergunning aan te vragen maar ook voor het totale project dat kan bestaan uit meerdere activiteiten kan één omgevingsvergunning worden aangevraagd. Bij funderingsherstel gaat het in de regel om de activiteiten bouwen, slopen en activiteiten die beschermde monumenten aangaan. Niet voor alle activiteiten is een omgevingsvergunning nodig. In bijlage II van het *Besluit Omgevingsrecht (BOR)* is een lijst opgenomen met gevallen waarin voor bouwactiviteiten en planologische gebruiksactiviteiten geen omgevingsvergunning is vereist. Voor funderingsherstel geldt vanwege de aard van het werk dat altijd een omgevingsvergunning nodig is. De vergunningstermijn volgt uit de Wabo als de aanvraag betrekking heeft op een Rijksmonument (26 weken) of uit de *Algemene Wet Bestuursrecht (AWB)* voor alle andere aanvragen (8 weken). Het besluit op een aanvraag kan eenmaal verdaagd worden met 6 weken.

Het aanvragen van een omgevingsvergunning dient digitaal via het OmgevingsLoket Online (OLO) te gebeuren. Dit loket is via de site van het ministerie van I en M te benaderen. De site maakt gebruik van wachtwoorden en toegangscode's. Op de site moeten gestandaardiseerde formulieren worden ingevuld. Hoe een aanvraag tot omgevingsvergunning eruit moet zien volgt uit de *Ministeriële Regeling Omgevingsrecht (MOR)*. Hierin zijn voor alle mogelijke aanvragen indieningvereisten vastgelegd. Specifiek voor bouwactiviteiten geldt hoofdstuk 2, waarin staat beschreven welke gegevens en bescheiden opgenomen moeten zijn in een aanvraag voor een omgevingsvergunning. Niet alle noodzakelijke gegevens en bescheiden voor het hele funderingsherstel behoeven in de aanvraag te worden opgenomen. Hoofdstuk 2 van de MOR biedt de mogelijkheid bepaalde

gegevens en bescheiden op een later tijdstip in te dienen. Hiertoe moet de aanvrager altijd een verzoek richten tot het bevoegd gezag (art 2.7 MOR). Het bevoegd gezag is het bestuursorgaan dat bevoegd is tot het nemen van een besluit ten aanzien van een aanvraag om een omgevingsvergunning of ten aanzien van een al verleende omgevingsvergunning.

## Taakstelling tot bestuursrechtelijke handhaving

Het bevoegd gezag heeft tot taak zorg te dragen voor de bestuursrechtelijke handhaving van betrokken wetten en voorschriften. Met de inwerkingtreding van de Wabo is daarvoor één integrale regeling van kracht geworden die opgenomen is in hoofdstuk 5 van die wet. Niet alle wetten en zijn bij funderingsherstel zondermeer van toepassing. In de regel is de Woningwet hiervan het belangrijkste. In de taakstelling tot bestuursrechtelijke handhaving spelen twee artikelen uit de Woningwet een hoofdrol:

### Artikel 1b

1. Tenzij een omgevingsvergunning het uitdrukkelijk toestaat, is het verboden:

- a. een gebouw te bouwen, voor zover daarbij niet wordt voldaan aan de op dat bouwen van toepassing zijnde voorschriften, bedoeld in artikel 2, eerste lid (van het *Bouwbesluit*, red.);
- b. een bouwwerk, niet zijnde een gebouw, te bouwen, voor zover daarbij niet wordt voldaan aan de op dat bouwen van toepassing zijnde voorschriften, bedoeld in artikel 2, derde lid.

2. Het is verboden:

- a. een bestaand gebouw in een staat te brengen, te laten komen of te houden die niet voldoet aan de op de staat van dat gebouw van toepassing zijnde voorschriften, bedoeld in artikel 2, tweede lid;
- b. een bestaand bouwwerk, niet zijnde een gebouw, in een staat te brengen, te laten komen of te houden die niet voldoet aan de op de staat van dat bouwwerk van toepassing zijnde voorschriften, bedoeld in artikel 2, vierde lid.

3. Tenzij een omgevingsvergunning het uitdrukkelijk toestaat, is het verboden een gebouw, bouwwerk, niet zijnde een gebouw, dan wel deel daarvan, in stand te laten voor zover bij het bouwen daarvan niet is voldaan aan de op dat bouwen van toepassing zijnde voorschriften, bedoeld in het eerste lid.

### Artikel 13

*Het bevoegd gezag kan, indien dat naar zijn oordeel noodzakelijk is, degene die als eigenaar van een gebouw of een bouwwerk, niet zijnde een gebouw, dan wel uit anderen hoofde bevoegd is tot het daaraan treffen van voorzieningen, verplichten tot het binnen een door hem te bepalen termijn treffen van zodanige voorzieningen, dat de staat van dat gebouw of dat bouwwerk nadien komt te liggen op een niveau dat hoger is dan het niveau dat overeenkomt met de voorschriften, bedoeld in artikel 1b, tweede lid, onderdeel a, respectievelijk b, zonder dat dit hoger komt te liggen dan het niveau dat overeenkomt met de voorschriften, bedoeld in artikel 1b, eerste lid, onderdeel a, respectievelijk b.*

### Aanschrijving door gemeente

In het algemeen geldt dat Burgemeester en Wethouders handhavend optreden wanneer casco, fundering en/of overige bouwkundige onderdelen niet (meer) voldoen aan het kwaliteitsniveau voor bestaande bouwwerken (artikel 1b, lid 2). Dit kwaliteitsniveau staat beschreven in het Bouwbesluit. Als een bouwwerk of als onderdelen van een bouwwerk deze conditie niet meer bezitten dan heeft het bevoegd gezag de plicht om handhavend op te treden en mag de eigenaar deze situatie ook niet laten voortbestaan. De eigenaar is vanaf het ontstaan van de conditie in overtreding. Er kan een aanschrijving volgen, gebaseerd op artikel 1b van de Woningwet. Voor werkzaamheden die hieruit voortvloeien is een omgevingsvergunning nodig volgens bijlage II van de BOR.

### Opmerking

*Bij de inwerkingtreding van de BOR is bekend dat dit waarschijnlijk niet correct is. De verwachting is dat dit in de toekomst gecorrigeerd wordt.*

*In bijzondere situaties kunnen B&W ook handhavend optreden door een hoger kwaliteitsniveau als toetssteen te gebruiken. De noodzaak hiertoe moet expliciet worden aangetoond en gemotiveerd. Er kan een aanschrijving volgen gebaseerd op artikel 13 van de Woningwet. In deze situatie is de aangeschrevene pas in overtreding als hij niet voldoet aan de aanschrijving. Voor werkzaamheden die hieruit vloeien is geen omgevingsvergunning nodig volgens bijlage II van de BOR.*

### Het Bouwbesluit

Artikel 2 van de Woningwet verwijst naar een Algemene Maatregel van Bestuur zijnde het Bouwbesluit. Hierin worden uit het oogpunt van veiligheid, gezondheid, bruik-

baarheid, energiezuinigheid en milieu technische voorschriften gegeven omtrent het bouwen en de staat van bestaande bouwwerken. De voorschriften zijn opgesteld in prestatie-eisen. Daarnaast wordt in het Bouwbesluit verwezen naar NEN normen die bepalingen geven waarmee aan die prestatie-eisen wordt voldaan.

### De bouwverordening

Technisch inhoudelijke criteria omtrent het bouwen worden gegeven in het Bouwbesluit. Daarnaast dient de gemeenteraad volgens artikel 8 van de Woningwet een bouwverordening vast te stellen. De voorschriften die in de bouwverordening dienen te staan, zijn wettelijk voorgeschreven in lid 2 van artikel 8 en mogen niet conflicteren met de technische voorschriften uit het Bouwbesluit.

### Handhaving

Is het funderingsherstel eenmaal in uitvoering dan heeft het bevoegd gezag voor het uitvoeren van die handhavingstaak drie bevoegdheden. Ze vinden alle drie hun oorsprong in de Wabo (hoofdstuk 5). De last onder bestuursdwang en de last onder dwangsom zijn beide gericht op de naleving van het bepaalde bij of krachtens de betrokken wet. Dat kan inhouden dat het bouwen, gebruiken of slopen van een bouwwerk wordt gestaakt of dat voorzieningen, met inbegrip van het slopen van een bouwwerk, gericht op het tegengaan of beëindigen van gevaar voor de gezondheid of de veiligheid worden getroffen (artikel 5.17 WABO). Het verschil tussen bestuursdwang en dwangsom is dat bij dwangsom een geldbedrag verbeurd raakt wanneer niet aan de lastgeving voldaan wordt. Het intrekken van de omgevingsvergunning is de derde bevoegdheid en is gebonden aan bestuursrechtelijke regels die opgenomen zijn in artikel 5.19 van de Wabo. Het kan alleen in de in dat artikel genoemde gevallen. De vergunninghouder dient tevens eerst in de gelegenheid gesteld te zijn om conform de verleende vergunning of geldende voorwaarden te handelen.

### Regelgeving bestaande bouw

Publiekrechtelijk is de minimaal vereiste kwaliteit van een bouwconstructie geregeld. Op basis van artikel 1b, tweede lid, van de Woningwet moet een bouwconstructie (en dus ook een fundering) een prestatieniveau bezitten met een vastgelegde mate van betrouwbaarheid. Dit niveau is zo bepaald dat geringe beïnvloeding van de bouwconstructie niet leidt tot het overschrijden van een bezwijktoestand. Er moet bij beoordeling van een

fundering een goed inzicht worden verkregen over de actiekrachten (belasting op de fundering) en de reactiekrachten (weerstand van de fundering). De actiekrachten zijn redelijk eenvoudig te beoordelen (inclusief bijvoorbeeld ook negatieve kleeft), maar bij de reactiekrachten is dit veel lastiger.

Het Bouwbesluit 2012 stuurt NEN 8700 ( *Beoordeling van de constructieve veiligheid van een bestaand bouwwerk bij verbouw en afkeuren* ) aan. In deze norm is het afkeurniveau gedefinieerd als het niveau voor bestaande bouw en daar hoort een restlevensduur en een referentie periode bij (artikel 1.5.1.0a). De restlevensduur is de periode waarbinnen het minimum veiligheidsniveau niet mag worden overschreden.

Gedurende deze restlevensduur dient een bestaande constructie nog zoveel reststerkte te bezitten dat de constructie met het vereiste betrouwbaarheidsniveau de belastingen kan weerstaan en geschikt blijft voor het bedoelde gebruik. Afkeuren gebeurt uitsluitend op basis van overschrijding van uiterste grenstoestanden. Uiterste grenstoestanden hebben betrekking op de veiligheid van en gebruik door personen. De constructie met inbegrip van steunpunten en funderingen dient getoetst te zijn op het verlies van evenwicht, bezwijken door vervorming, verandering van constructie door breuk, verlies van stabiliteit en bezwijken door vermoeiing of andere tijdsafhankelijk effecten. Hiervoor dienen constructieve modellen en belastingsschema's voor van toepassing zijnde grenstoestanden te zijn gebruikt. Rekening moet worden gehouden met symptomen van verloren evenwicht, doorbuigingen of verzakkingen, scheuren, losse stenen en roestvorming. Hierbij zijn basisvariabelen nodig zoals geometrie, materiaaleigenschappen, belastingen en huidige conditie. Kortom, door te meten ontstaat inzicht in de prestaties van een bestaande bouwconstructie. Een goede voorspelling van de reststerkte en restlevensduur vereist veel inzicht in de constructie.

### Onderzoek voor motivatie

Afkeuren vereist een grondige motivatie (AWB) die verder gaat dan metingen aan scheefstanden en rotaties in combinatie met een rekenkundige exercitie. Er zijn verschillende mogelijkheden:

- De fundering is accuraat gedocumenteerd, inclusief de uitvoeringgegevens. In dit geval is beoordeling relatief eenvoudig. In deze situatie is een beoordeling op basis van zettinggegevens opportuun, maar dan nog weet

men eigenlijk niets over de actuele kwaliteit van de fundering. Er kan in deze situatie een rekensom worden gemaakt of voldaan wordt aan artikel 1b, lid 2 van de Woningwet. Een "omgekeerde" berekening geeft een goede indicatie van de betrouwbaarheid (referentieperiode). Slechts in die gevallen waarbij zettinggedrag niet kan worden verklaard en/of er wellicht sprake is van materiaal aantasting, dient nader fysiek onderzoek naar de fundering te worden uitgevoerd.

- Er zijn geen of niet betrouwbare gegevens bekend over de fundering. De weerstand van de fundering kan dan niet worden beoordeeld als gevolg van het ontbreken van de fysieke kenmerken, gegevens over de kwaliteit of geotechnisch onderzoek. Soms is zelfs een zeer elementair kenmerk, zoals hoe de fundering in beginsel functioneert, niet beschikbaar. Is er sprake van een fundering op staal, een zogenaamde paalplaat-fundering, een kleeftpaalfundering of een paalfundering? Of nog anders? In al deze situaties kan slechts een betrouwbare funderingsinspectie uitkomst bieden. Op een voldoende betrouwbare wijze dienen de ontbrekende gegevens te worden verzameld. Instrumenten daarbij zijn één of meerdere funderingsinspecties, materiaalonderzoek, geotechnisch onderzoek, proefbelastingen, etc. Vergeleken bij zettingmetingen zijn dit kostbare onderzoeken, die in bijna alle gevallen echter wel een voldoende betrouwbare beoordeling mogelijk maken. Om kosten van onderzoeken te beheersen is het zaak steekproeven te doen die voldoende representatief zijn voor het oordeel over de gehele fundering. Dit betekent dan ook dat als de fundering van meerdere panden of alle panden in een bouweenheid moeten worden beoordeeld, het niet noodzakelijk is bij elk pand een onderzoek te doen.

Alleen (langjarige) zettingsmetingen aan panden zijn onvoldoende om de volledige scope van oorzaken van funderingschade af te dekken. Zettingen zijn nooit continu, komen niet per definitie uitsluitend voort uit overbelasting in relatie tot de geotechnische randvoorwaarden, maar bijvoorbeeld ook door paalbreuk, kespbreuk, verlies van samenhang in het funderingsmetselwerk, materiaal aantasting, etc. Zettingen moeten een logisch verband vertonen met visueel waar te nemen scheurvorming.

Daarnaast heeft de getalsgrootte van de hoekverdraaiing publiekrechtelijk geen betekenis. Een fundering is niet af te keuren op waardes van scheefstand, rotaties en

periodes waarin een grenswaarde gehaald zou moeten worden. Als voorbeeld, Stadsdeel Centrum van Gemeente Amsterdam stelt als afkeuringsgrens:

- een scheefstand van meer dan 30 mm/m;
- een deur in een vluchtroute die niet meer voldoende open kan.

Dit is gebaseerd op de zorgplicht uit de Woningwet artikel 1A. Een fundering met een grotere scheefstand wordt dan gemotiveerd afgekeurd.

Het is onmogelijk een uitspraak te doen over het tijdsbestek waarin constructieve schade ontstaat. Uit zettingsmetingen komt meestal niet naar voren of sprake is van droogstand, aantasting, bacteriële aantasting of houtrot. Droogstand is nog relatief eenvoudig te monitoren met een peilbuis maar houtrot niet. Daarvoor moet een inspectieput worden gegraven! Bovendien is uit ervaring bekend dat een funderingsherstel niet van de één op andere dag ook "in functie is". Het kan jaren duren en zelfs een centimeter zetting kosten voordat een nieuwe fundering de belasting van de oude fundering heeft overgenomen, zie ook 4.2.2.

Een handhavingstermijn heeft geen publieksrechtelijke betekenis. De periode is slechts een restgebruiksduur die gekarakteriseerd moet worden als privaatrechtelijk.

# Bijlage G - Organisatie Onafhankelijk Onderzoek Funderingen (F<sub>3</sub>O)

De funderingsbranche heeft de *Organisatie Onafhankelijk Onderzoek Funderingen* (afgekort F<sub>3</sub>O) opgericht, die als doelstelling heeft: professionalisering en kwaliteitsborging van onafhankelijk onderzoek bij, en advisering over, bestaande funderingen. Om deze doelstelling te bewerkstelligen zijn (en worden) voor het uitvoeren van een funderingsonderzoek een aantal richtlijnen opgesteld om tot een gedegen onderzoeksresultaat te komen, zie de CUR/SBR/F<sub>3</sub>O-richtlijnen voor paalfunderingen [2] en voor funderingen op staal [3]. Het wordt aanbevolen om bij het laten uitvoeren van een funderingsonderzoek na te gaan of er gewerkt wordt volgens de richtlijnen en of de uitvoerende partij lid (of participant) is van F<sub>3</sub>O. Dit laatste is eenvoudig op de website ([www.f3o.nl](http://www.f3o.nl)) te controleren, waar tevens de diverse richtlijnen te downloaden zijn.

De CUR/SBR/F<sub>3</sub>O-richtlijnen maken onderscheid in de onderstaande te onderzoeken onderdelen. Niet in alle gevallen is onderzoek van alle onderdelen nodig.

- Archiefonderzoek (bureaustudie).
- Visuele inspectie pand.
- Scheefstandsmetingen.
- Hoogtemetingen.
- Omgevingsfactoren.
- Grondwaterstandmetingen.
- Funderingsinspectie.
- Bij funderingen op houten palen: houtonderzoek aan boorkernmonsters.
- Bij funderingen op staal: ontgraving en in beeld brengen van de funderingsconstructie onder maaiveld.
- Beoordeling functioneren fundering.
- Toetsing draagkracht fundering

In de CUR/SBR/F<sub>3</sub>O- richtlijnen is een tabel opgenomen waarmee op basis van het onderzoeksresultaat de fundering kan worden geclassificeerd wat betreft de handhavingstermijn.

# Bijlage H - Websites deelnemende bedrijven en organisaties

Aannemersbedrijf P & G. Hooghwerff B.V.	<a href="http://www.hooghwerff.nl">www.hooghwerff.nl</a>
B&P Bodeminjectie BV	<a href="http://www.bodeminjectie.nl">www.bodeminjectie.nl</a>
B&W Grondinjectie BV	<a href="http://www.bwgrond.nl/grondinjectie">www.bwgrond.nl/grondinjectie</a>
Bouwadviesbureau De Groene Werf	<a href="http://www.groenewerf.nl">www.groenewerf.nl</a>
Brefu Funderingstechnieken b.v.	<a href="http://www.brefu.nl">www.brefu.nl</a>
Bresser BV	<a href="http://www.bresser.nu">www.bresser.nu</a>
BVL Bouwadvies BV	<a href="http://www.bvlb.nl">www.bvlb.nl</a>
C.J. Smit & Zonen b.v.	<a href="http://www.cjsmitenzonen.nl">www.cjsmitenzonen.nl</a>
CLARC Risicomanagement + Inspecties bv	<a href="http://www.clarc.nl">www.clarc.nl</a>
COBc	<a href="http://www.cobc.nl">www.cobc.nl</a>
CUR Bouw & Infra	<a href="http://www.curbouweninfra.nl">www.curbouweninfra.nl</a>
de Waalpaal bv	<a href="http://www.dewaalpaal.nl">www.dewaalpaal.nl</a>
Delta Lloyd Schadeverzekering NV	<a href="http://www.deltalloyd.nl">www.deltalloyd.nl</a>
DS Bouw	<a href="http://www.dsbouw.com">www.dsbouw.com</a>
FIDES Expertise BV	<a href="http://www.fides-expertise.nl">www.fides-expertise.nl</a>
Fugro GeoServices B.V.	<a href="http://www.fugro.nl">www.fugro.nl</a>
Funderingstechnieken De Coogh B.V.	<a href="http://www.decoogh.com">www.decoogh.com</a>
Gemeentewerken Rotterdam	<a href="http://www.gw.rotterdam.nl">www.gw.rotterdam.nl</a>
Goorbergh Fundamenteel	<a href="http://www.goorbergh.nl">www.goorbergh.nl</a>
IFCO Funderingscontrole BV	<a href="http://www.ifco.nl">www.ifco.nl</a>
Ingenieursbureau Concretio	<a href="http://www.concretio.nl">www.concretio.nl</a>
Ingenieursbureau Spierenburg BV	<a href="http://www.ingenieursbureauspienburg.nl">www.ingenieursbureauspienburg.nl</a>
Ingenieursbureau IOB	<a href="http://www.iob.nl">www.iob.nl</a>
Injection Nederland B.V.	<a href="http://www.injection.nl">www.injection.nl</a>
JosRie Funderingstechnieken B.V.	<a href="http://www.josriefunderingstechnieken.nl">www.josriefunderingstechnieken.nl</a>
P. van 't Wout Funderingstechnieken bv	<a href="http://www.heiwerken-pvantwout.nl">www.heiwerken-pvantwout.nl</a>
P. van 't Wout Vijzel- en Funderingstechnieken bv	<a href="http://www.vijzeltechnieken.nl">www.vijzeltechnieken.nl</a>
Pieters Bouwtechniek Haarlem B.V.	<a href="http://www.pietersbouwtechniek.nl">www.pietersbouwtechniek.nl</a>
Pudelco Vijzel & Funderingstechniek	<a href="http://www.pudelko-vft.com">www.pudelko-vft.com</a>
Revac Specialistische Technieken bv	<a href="http://www.revac.nl">www.revac.nl</a>
SBR	<a href="http://www.sbr.nl">www.sbr.nl</a>
Soil-ID BV	<a href="http://www.soilid.nl">www.soilid.nl</a>
Sterk Consulting	<a href="http://www.sterkconsulting.nl">www.sterkconsulting.nl</a>
Stichting Platform Fundering Nederland	<a href="http://www.platformfundering.nl">www.platformfundering.nl</a>
Strackee BV Bouwadviesbureau	<a href="http://www.strackee.nl">www.strackee.nl</a>
TB Expertise BV	<a href="http://www.tb-expertise.nl">www.tb-expertise.nl</a>
Techniek en Methode BV	<a href="http://www.tenm.nu">www.tenm.nu</a>
URBANNERDAM	<a href="http://www.urbannerdam.nl">www.urbannerdam.nl</a>
URETEK Nederland BV	<a href="http://www.uretek.nl">www.uretek.nl</a>
Van Dijk Maasland BV	<a href="http://www.vdijk.nl">www.vdijk.nl</a>
Van Monsjou & Partners BV	<a href="http://www.vanmonsjoupartners.nl">www.vanmonsjoupartners.nl</a>
Vermeulen Heiwerken	<a href="http://www.vermeulenhewerken.nl">www.vermeulenhewerken.nl</a>
Vroom Funderingstechnieken BV	<a href="http://www.vroom.nl">www.vroom.nl</a>
Walenco Funderingstechniek	<a href="http://www.walenco.nl">www.walenco.nl</a>
Woonactief BV	<a href="http://www.woonactief.nl">www.woonactief.nl</a>
Overige:	
F3O	<a href="http://www.f3o.nl">www.f3o.nl</a>

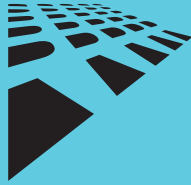


# Bijlage I - Literatuur

- [1] Manifest voor funderingsherstel, 9 oktober 2009. Download via [www.platformfundering.nl/docs/manifest\\_09102009.pdf](http://www.platformfundering.nl/docs/manifest_09102009.pdf)
- [2] CUR/SBR/F3O Richtlijn - Onderzoek en beoordeling van houten paalfunderingen onder gebouwen, 2012, download via [www.f3o.nl](http://www.f3o.nl) of verkrijgbaar als CUR/SBR/F3O publicatie 240 via [www.curnet.nl](http://www.curnet.nl) of [www.sbr.nl](http://www.sbr.nl)
- [3] CUR/SBR/F3O Richtlijn -Onderzoek funderingen op staal. Download via [www.f3o.nl](http://www.f3o.nl)
- [4] SBR Handboek Funderingen, [www.sbr.nl](http://www.sbr.nl)
- [5] Funderingsherstel Rozenhof Dordrecht, [www.platformfundering.nl/fotogalerij7.html](http://www.platformfundering.nl/fotogalerij7.html)
- [6] CUR-publicatie 223 Richtlijn meten en monitoring van bouwputten, Gouda, 2010
- [7] CUR-publicatie 236 Ankerpalen, Gouda, 2011
- [8] Richtlijn Bouwkundige Opname, Nederlands Instituut van Register-Experts, Nivre, [www.nivre.nl](http://www.nivre.nl)
- [9] SBR Meet- en beoordelingsrichtlijn trillingen, Delen A, B en C
- [10] BRL 1710 Nationale beoordelingsrichtlijn voor het aanbrengen van stalen buissegmentpalen, KIWA, 1996
- [11] BRL 9339 Nationale beoordelingsrichtlijn voor het NL BSB productcertificaat voor de milieuhygiënische kwaliteit van waterglas gebonden grond voor toepassing in bouwkundige en civieltechnische werken, KIWA
- [12] Studie grondwaterinfiltratie, [www.platformfundering.nl](http://www.platformfundering.nl)
- [13] Afstudeerverslag Partieel Funderingsherstel, Suzanne de Lange, TU Delft Faculteit CiTG, 2011
- [14] CROW 132 Werken in of met verontreinigde grond en verontreinigd (grond)water, Ede, 2009



**SBR**



**Correspondentieadres:**

Postbus 1819  
3000 BV Rotterdam

**Bezoekadres:**

Stationsplein 45, A6.016  
(Groothandelsgebouw)  
3013 AK Rotterdam

T (010) 206 59 59  
F (010) 413 01 75  
sbr@sbr.nl  
www.sbr.nl



**CUR**

**BOUW & INFRA**

**Correspondentieadres:**

Postbus 420  
2800 AK GOUDA

**Bezoekadres:**

Groningenweg 10  
2803 PV Gouda

T (0182) 540 620 | (0182) 540 630  
F (0182) 540 621  
secretariaat@curbouweninfra.nl  
www.curbouweninfra.nl

Rotterdam, mei 2012

Artikelnummer SBR: 628.12  
Publicatienummer CURNET: 242

ISBN: 978-90-5367-545-8